

AUS DEM LEHRSTUHL
FÜR UNFALLCHIRURGIE
PROFESSOR DR. MED. MICHAEL NERLICH
DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

**ANALYSE DER PROZESS- UND ERGEBNISQUALITÄT IN ABHÄNGIGKEIT
VON ZEITLICHEN STRUKTURUNTERSCHIEDEN BEI DER BEHANDLUNG
SCHWERVERLETZTER PATIENTEN**

Inaugural – Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der
Fakultät für Medizin
der Universität Regensburg

vorgelegt von
Wolfgang Parsch

2016

AUS DEM LEHRSTUHL
FÜR UNFALLCHIRURGIE
PROFESSOR DR. MED. MICHAEL NERLICH
DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

**ANALYSE DER PROZESS- UND ERGEBNISQUALITÄT IN ABHÄNGIGKEIT
VON ZEITLICHEN STRUKTURUNTERSCHIEDEN BEI DER BEHANDLUNG
SCHWERVERLETZTER PATIENTEN**

Inaugural – Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der
Fakultät für Medizin
der Universität Regensburg

vorgelegt von
Wolfgang Parsch

2016

Dekan:	Prof. Dr. Dr. Torsten E. Reichert
1. Berichterstatter:	Prof. Dr. Peter Angele
2. Berichterstatter:	Prof. Dr. Andreas G. Schreyer, MHBA
Tag der mündlichen Prüfung:	Mittwoch, 05. Oktober 2016

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung	5
1.1	Geschichte des Polytraumas	5
1.2	Definition des Begriffs Polytrauma.....	6
1.3	Volkswirtschaftliche Relevanz des Polytraumas	7
1.4	Qualität	8
1.4.1	Struktur-, Prozess- und Ergebnisqualität.....	9
1.4.2	Qualitätsindikatoren	11
1.4.3	Dokumentation	12
1.4.4	Implementierung von Qualitätsmanagementsystemen.....	13
1.5	Traumazentren zur Sicherung der Strukturqualität	13
1.6	Traumaregister als Instrument der Prozess- und Strukturqualitätssicherung	15
1.7	Reduzierte Personaldecke in der Nacht und an Wochenenden	15
1.7.1	Tageszeitliche Unterschiede in der prähospitalen Versorgung	16
1.7.2	Unterschiede der personellen Besetzung im Schockraum	16
1.7.3	Verringerte Leistungsfähigkeit des medizinischen Personals in der Nacht	17
1.8	Intrahospitaler Arbeitsablauf bei einem schwerverletzten Patienten	19
1.9	Fragestellung	22
2	Material und Methoden	23
2.1	Studienpopulation.....	23
2.2	Einzugsgebiet	24
2.3	Datensammlung	24
2.3.1	TraumaRegister DGU® als Basisdaten.....	25
2.3.2	Spezifisch in Regensburg erhobene Daten	28
2.4	Statistische Methoden.....	28
2.5	Ethik	30
2.6	PC-Programme	30
3	Ergebnisse	31
3.1	Eigenschaften der Studienpopulationen	31
3.1.1	Grundeigenschaften der Studienpopulationen.....	31
3.1.2	Grundeigenschaften der Untergruppen und Unfallmechanismen	32
3.1.3	Grad der Verletzungsschwere und Alter	36
3.2	Präklinische Versorgung	38
3.3	Zustand des Patienten bei Eintreffen im Schockraum.....	45
3.4	Analyse der Behandlungsabläufe	48
3.5	Untersuchung des Therapieerfolgs.....	54
3.6	Sensitivitätsanalyse	60
4	Diskussion	61
4.1	Diskussion der Grundeigenschaften.....	61
4.1.1	Grundeigenschaften der Population 1	61
4.1.2	Grundeigenschaften der Population 2	62
4.1.3	Vergleich der Populationen	63
4.2	Diskussion der präklinischen Daten	64

4.2.1	Präklinische Daten der Population 1	64
4.2.2	Präklinische Daten der Population 2	64
4.2.3	Vergleich der Populationen	65
4.3	Diskussion der Vitalparameter bei Eintreffen im Schockraum	66
4.3.1	Vitalparameter bei Eintreffen im Schockraum der Population 1	66
4.3.2	Vitalparameter bei Eintreffen im Schockraum der Population 2	66
4.3.3	Vergleich der Populationen	67
4.4	Diskussion der Behandlungsparameter	67
4.4.1	Behandlungsparameter der Population 1	67
4.4.2	Behandlungsparameter der Population 2	68
4.4.3	Vergleich der Populationen	69
4.5	Diskussion des Therapieerfolgs	69
4.5.1	Therapieerfolg der Population 1	69
4.5.2	Therapieerfolg der Population 2	70
4.5.3	Vergleich der Populationen	71
4.6	Aussagekraft der verwendeten Qualitätsindikatoren	72
4.7	Limitationen	74
5	Fazit	76
6	Abkürzungsverzeichnis	77
7	Literaturverzeichnis	79
8	Danksagung	
9	Lebenslauf	

1 Einleitung

1.1 Geschichte des Polytraumas

Die Begriffe „Mehrfachverletzung“ und „Polytrauma“ existierten schon zur Zeit der trojanischen Kriege 500 v. Chr.. In Homers Ilias wird festgestellt, dass die Prognose für den „schwerverletzten Helden schlecht sei und dieser lediglich zum Sterben unter einen Baum gelegt werden könne, um zuletzt aufs schwarze Schiff gebracht zu werden“ [1]. Die Überlebenswahrscheinlichkeit lag dabei für schwer verwundete Krieger bei weit unter 20 % [2].

Erst im römischen Reich wurde – durch kriegerische Auseinandersetzung forciert – eine Organisation zur Kriegsverletzungsversorgung geschaffen. Jedoch lag die Letalität in den Markomannischen Kriege (167-75 v. Chr.) weiterhin über 70% [3].

Während des Hundertjährigen Krieges (1339-1453) verstarben weiterhin mehr als die Hälfte der schwerverletzten Patienten (ca. 65%). Auf Grund dessen wurde in der Chirurgia Magna 1363 entschieden, dass "diese Patienten nicht länger durch nutzloses Hantieren gequält werden sollten" [2,4,5].

Erst später – mit weiteren Kriegen einhergehend (Napoleonischen Kriege 1792) – konnte eine wirkliche Verbesserung in der Behandlung polytraumatisierter Patienten erreicht werden. Dominique J. Larrey, erster Heereschirurg Napoleons, wurde sich erstmals der Bedeutung des traumatischen Schocks und die Bedeutung dessen für die Akutversorgung der Patienten bewusst. Dennoch lag die Letalität, wie auch in den amerikanischen Sezessionskriegen (1861-1865) bei ca. 50 % [6,7].

1922 spielte das „Polytrauma“ in der damaligen Chirurgie noch eine untergeordnete Rolle. Nur 6 von 246 Artikeln des Archivs für Klinische Chirurgie, dem Kongressorgan der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie, behandelten dieses Thema. Es galt dem besseren Chirurgen als unwürdig einen Unfallverletzten zu behandeln [8]. Aus dieser Lage heraus wurde 1922 die Deutsche Gesellschaft für Unfallheilkunde gegründet [2].

1958 erfolgte in Davos die Gründung der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO Foundation), womit ein wichtiger Grundstein für die moderne, evidenzbasierte Frakturversorgung gelegt wurde [9]. 1970 erfolgte dann die Gründung des ersten unfallchirurgischen Lehrstuhls an der Medizinischen Hochschule Hannover. Diesem stand Professor Harald Tschernke als Direktor vor, der den Ausbau des präklinischen

Rettungswesens ebenso wie die innerklinische Weiterbehandlung von Schwerverletzten entscheidend vorantrieb [10].

Die wesentlichen Fortschritte der Behandlung Schwerletzter brachten jedoch nicht nur das Fach Chirurgie, sondern vielmehr auch das wachsende Verständnis der Physiologie, Biochemie und Pharmakologie. Besonders das zunehmende Wissen über den Zusammenhang von Schock und Trauma, sowie deren pathophysiologischen Grundlagen brachte eine Reduktion der Letalität mit sich [2].

Mit der verbesserten präklinischen Therapie und Schockbehandlung konnte im Zeitraum von 1972 bis 1991 die Letalität um ca. 50 % gesenkt werden konnte. Damit einhergehend rückten die Spätkomplikationen mit dem Multiorganversagen in den Vordergrund [11]. Bald stagnierte die Letalitätssenkung trotz Verbesserung der Intensivtherapie und der damit einhergehenden Lebensverlängerung, da nun das multiple Organversagen die wichtigste Spätkomplikation und Todesursache nach einem schweren Trauma darstellte [3,12].

1993 erfolgte dann die Gründung des TraumaRegisters DGU®. Damit konnten in Deutschland erstmals flächendeckende Vergleichswerte zur Versorgung von schwerverletzten Patienten gesammelt werden [13]. Mit daraus gewonnenen Erkenntnissen wurde 2006 das Weißbuch der Schwerverletztenversorgung von der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V. (DGU) publiziert, welches Empfehlungen zur Struktur, Organisation und Ausstattung zur Versorgung Schwerverletzter enthält [14]. Mit dem Weißbuch wurde das TraumaNetzwerk DGU® initiiert, welches 2015 Deutschland flächenmäßig nahezu vollständig abdeckt [15,16].

1.2 Definition des Begriffs Polytrauma

Es gibt eine vielfältige Zahl an Definitionen des Fachterminus „Polytrauma“, welcher lediglich im deutschen Sprachraum gebräuchlich ist. Eine der ersten klinischen Definitionen verlangte mehrere, gleichzeitig erlittene Verletzungen verschiedener Körperregionen, von denen mindestens eine oder die Kombination mehrerer lebensbedrohlich ist [17].

International setzte sich wissenschaftlich die Definition des Polytraumas (bzw. „multiple trauma“) als ein Verletzungsmuster mit einem Injury Severity Score (ISS) von größer gleich 16 durch [18]. Die Einstufung über den ISS hat den Vorteil einer klaren Quantifizierbarkeit. Andere Klassifikationssysteme wie der Acute Trauma Index (1979) [19] oder der Trauma Score (1981) [20], bzw. Revised Trauma Score (1981) [21] verloren nach ihrer Entwicklung bis heute wieder an Bedeutung.

Die Nachteile der großen Fragmentierung der Bedeutungen des Begriffs „Polytrauma“ und eine damit einhergehende eingeschränkte Vergleichbarkeit von Letalität und Outcome wissenschaftlicher Arbeiten sind offensichtlich. Deshalb wurde 2014 die sogenannte „Berliner Definition“ („The Berlin Definition of Polytrauma“) durch ein internationales Expertengremium verschiedener Organisationen (Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V. (DGU), European Society for Trauma and Emergency surgery (ESTES), British Trauma Society (BTS), American Association for the Surgery of Trauma (AAST) und Orthopaedic Trauma Association (OTA)) entwickelt. Nach dieser weist ein Polytrauma eine Abbreviated Injury Scale (AIS) ≥ 3 in mindestens zwei Körperregionen auf und erfüllt gleichzeitig mindestens eine weitere Voraussetzung, wie z.B. ein Alter > 70 Jahre, oder eine Bewusstlosigkeit am Unfallort.

Diese Definition wurde am TraumaRegister DGU® validiert. Eine weitere Überprüfung anhand internationaler Daten ist in Vorbereitung, um die Voraussetzung für eine Etablierung dieser Konsensdefinition zu schaffen [22]. Zur Vermeidung von Irritationen wird in dieser Arbeit „Polytrauma“ und die häufig unterschiedlich verwendeten Begriffe „schwerstverletzt“ und „schwerverletzt“ gleichgesetzt und im Ergebnisteil nur die Begrifflichkeit der „schwerverletzten Patienten“ verwendet.

Die polizeiamtliche Statistik hingegen führt Patienten, die stationär in einem Krankenhaus behandelt werden, als Schwerverletzte. Diese Definition wird nachfolgend nicht berücksichtigt [23,24].

1.3 Volkswirtschaftliche Relevanz des Polytraumas

Neben dem wichtigsten Aspekt in der Polytraumatherapie, der Wiederherstellung der individuellen Gesundheit, ist der volkswirtschaftliche Aspekt nicht irrelevant für eine ganzheitliche Betrachtung des Themas. Dabei lastet ein stetig wachsender Kostendruck auf den Kliniken [25,26].

Die Kosten, die durch einen Schwerverletzten entstehen, untergliedern sich in mehrere Kategorien. Dazu gehören v.a. medizinische Kosten und Rentenkosten, aber auch externe Kosten wie z.B. Neubesetzungskosten des Arbeitsplatzes oder Rechtssprechungskosten.

Hinzu kommen noch theoretische Verluste der Volkswirtschaft: Der Arbeitsleistungsausfall in der Zukunft durch den betroffenen Patienten. Denn dieser kann, insofern er noch nicht aus dem Berufsleben ausgeschieden ist, über die bereits verursachten Kosten hinaus auch in der Zukunft eine potentielle Arbeitsleistung nicht erbringen, die er im gesunden Zustand erbracht hätte [27,28].

Von der WHO werden die jährlichen Kosten für Verkehrsverletzte auf insgesamt 518 Milliarden Euro geschätzt. Dabei entfallen weniger als 20 % dieser Kosten auf Entwicklungsländer [27,29].

Die Kosten pro Getöteten werden mit ca. 1,04 Millionen Euro angegeben, während ein Schwerverletzter mit rund 110.500 Euro die Volkswirtschaft belastet [30].

Erst im Vergleich mit anderen Erkrankungen der Personen unter 40 Jahren wird die Relevanz dieser Zahlen augenscheinlich:

	Volkswirtschaftliche Kosten	Anzahl
Unfalltote	8,6 Mrd. Euro	7352
Tumortote	3,4 Mrd. Euro	2925
HerzKreislauftote	2,4 Mrd. Euro	2076

Tabelle 1: Vergleich der volkswirtschaftlichen Kosten und Anzahl der Toten unter 40 Jahren in Deutschland der unterschiedlichen Todesarten 2004 [31].

Ein großer Teil der Behandlungskosten fallen dabei auf die einzelnen Krankenhäuser zurück. Bereits Anfang der 90er Jahre wurde in den USA ein DRG-System (Diagnosis Related Groups) eingeführt, welches zur Schließung von 92 (17 %) der v.a. großstädtischen Traumazentren auf Grund von finanzieller Überbelastung führte [32–36].

Vor diesem Hintergrund wurden mit Ankündigung des DRG-Systems in Deutschland Untersuchungen durchgeführt, um die durchschnittlichen Kosten der Behandlung eines Schwerverletzten genauer bestimmen zu können.

Die Aktuellste einer Vielzahl von Studien beziffert die Behandlungskosten mit 32166 € ± 25404 € [37–41].

Dabei zeigte sich, dass über 97 % der Schwerverletztenbehandlungen mit einem durchschnittlichen Defizit von ca. 5000 € pro Patient für die Kliniken einhergehen [38,41–44].

1.4 Qualität

Aus der Verpflichtung gegenüber dem Wohle des Patienten und der daneben auch großen volkswirtschaftlichen Relevanz folgt direkt der Auftrag zur Optimierung und Qualitätssicherung der Schwerverletztenversorgung. Im besten Falle soll der Patient von einer besseren Behandlung profitieren, während die Kosten, insbesondere die der Arbeitsunfähigkeit, minimiert werden.

1.4.1 Struktur-, Prozess- und Ergebnisqualität

„Qualität“ lässt sich auf verschiedene Weisen unterteilen und definieren. Eine geläufige Einteilung ist die in Struktur-, Prozess- und Ergebnisqualität. Dabei gilt es zu beachten, dass eine direkte Übertragung von Qualitätstermini aus der Betriebswirtschaftslehre auf die Medizin mit der Patientenversorgung nicht vollständig und anpassungslos möglich ist. Im Gegensatz zu z.B. der Produktion von Gütern, bei der auf identisch beschaffene Rohstoffe zurückgegriffen werden kann, ist jeder Patient unterschiedlich in seiner Physiologie, Anatomie und Psyche. Verschiedene Vorerkrankungen, unterschiedliches Alter und nicht zuletzt unterschiedliche Genausstattung erfordern eine individuell angepasste Therapie. Beispielsweise kann man die Knochenheilung eines Menschen über 70 Jahre nicht mit der eines Kindes vergleichen. Trotzdem können gemeinsame Grundstrukturen geschaffen werden, die einen gleichen Rahmen zur Behandlung bieten. Besonders bei zeitkritischen Maßnahmen, wie der Notfallversorgung von Schwerverletzten ist dies mittlerweile unumgänglich [45–47].

Strukturqualität

Die Strukturqualität bezeichnet die Rahmenbedingungen, die für den medizinischen Einzelfall vorhanden sind. Das schließt die stabilen personellen, materiellen, organisatorischen und finanziellen Ressourcen ein, die zur Behandlung zur Verfügung stehen.

Mit materiellen Ressourcen werden die technische Ausstattung, die baulichen Gegebenheiten, die Infrastruktur und sonstige Arbeitsmittel bezeichnet.

Personelle Ressourcen umfassen u.a. Qualifikation, Wissen, Fähigkeiten und den Ausbildungsstand des Personals.

Organisatorische Ressourcen bezeichnen z.B. Arbeitskonzepte oder Ablaufschemata, die zur Behandlung des Patienten notwendig sind.

Bei der Behandlung eines Schwerverletzten fällt unter die Strukturqualität z.B. die Auflösung des Ultraschallgerätes, die Anwesenheit eines Oberarztes der Unfallchirurgie, die Nähe des Schockraums zum CT (Computertomograph) und die gemeinsame Verständigung auf den ATLS-Algorithmus. Die Strukturqualität lässt sich zumeist verhältnismäßig leicht über Listen zum Vorhandensein dieser Merkmale erfassen (z.B.: „Ist das CT vom Schockraum innerhalb von 30 Sekunden zu erreichen? Ja/nein“) [47,48].

Prozessqualität

Die Prozessqualität umfasst die Art der Durchführung der erbrachten Behandlung und die aktiven Handlungen zur Versorgung des Patienten. Damit werden alle Tätigkeiten des Personals und der Verwaltung eingeschlossen, die zur Behandlung beitragen.

Das kann u.a. die Aufnahme der Patientendaten, das Anheben des Patienten beim Umlagern, das Anliefern benötigter Medizinprodukte, das Legen eines arteriellen Zugangs oder die Durchführung der Extremitätenstabilisierung sein. Die Prozessqualität stellt für die Erfassung die größte Herausforderung dar. Noch relativ einfach ist zu erfassen, ob eine Maßnahme überhaupt und zum notwendigen Zeitpunkt durchgeführt wurde. Bedeutend aufwendiger ist die Erfassung der Qualität der Maßnahme, wie der Zeitbedarf oder die Anzahl der benötigten Versuche.

Ergebnisqualität

Die Ergebnisqualität bezieht sich auf Veränderungen des subjektiven oder des objektivierbaren Gesundheitszustandes des Patienten, die durch Maßnahmen des behandelnden oder administrativen Personals entstanden sind. Typischerweise wird die Ergebnisqualität anhand der Patientenzufriedenheit, der Lebensqualität, des Überlebens und dem Grad der Behinderung ermittelt [49–51]. Eine typische Skala hierfür wäre die Glasgow Outcome Scale (GOS) [52]. Die Erfassung der Ergebnisqualität lässt sich meist unkompliziert retrospektiv durch Fragebögen oder Aktendurchsicht bewerkstelligen.

Qualitätsmanagement mit Qualitätssicherung

Prozesse in der Patientenversorgung sollten zumindest einer gleichbleibenden oder einer steigenden Qualität unterliegen. Um dies zu gewährleisten wird Qualitätsmanagement angewandt. Unter diesen Begriff fallen alle Maßnahmen, die zur Stabilisierung oder Verbesserung der Prozessqualität und damit indirekt zur Ergebnisqualität beitragen. Diese Maßnahmen unterliegen einem Regelkreis, dem sogenannten Demingkreis [53].

Demingkreis

Der Demingkreis beginnt mit der Qualitätsplanung: Darunter fallen die Ermittlung des Ist-Zustandes und der Zielvorgaben (z.B. Beschleunigung invasiver Maßnahmen). Daraufhin wird ein Plan zum Erreichen dieser Ziele erstellt (Schulung des Personals in invasiven Maßnahmen) und mit dem zweiten Schritt, der Qualitätslenkung, in der Praxis umgesetzt (geschultes Personal führt invasive Maßnahmen durch). Hieran schließt sich die Qualitätssicherung an: Erhobene Daten zur Qualität nach der Qualitätslenkung werden

ausgewertet und bewertet (gestoppte Zeit für invasive Maßnahmen wird mit den Zeiten vor der Qualitätsplanung verglichen). Darauf wird im Folgenden näher eingegangen. Zuletzt erfolgt die Prozessoptimierung („Qualitätsgewinn“), in welcher die gewonnenen Erkenntnisse zur Strukturverbesserung und Prozessoptimierung verwendet werden [47,54].

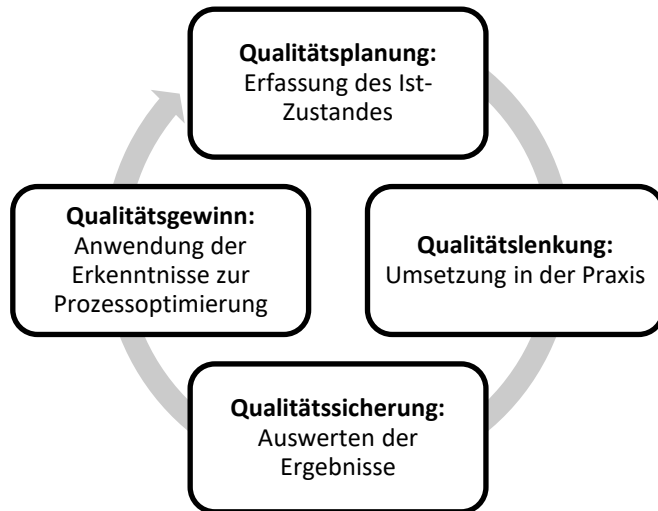


Abbildung 1: Demingkreis als Regelkreis des Qualitätsmanagements

Qualitätssicherung

Die Qualitätssicherung ist Bestandteil des Qualitätsmanagements und soll sicherstellen, dass die festgelegten Qualitätsanforderungen erreicht und eingehalten werden. Es wird dabei sowohl die Entwurfs-, als auch die Ausführungsqualität überprüft. Typischerweise wird dies durch einen Soll-Ist-Vergleich bewerkstelligt. Der Ist-Zustand wird über die Qualitätsmessung festgestellt. Dabei muss ein Kompromiss zwischen den interessierenden Qualitätsaspekten und der Machbarkeit und Reliabilität eingegangen werden. Reliabilität (Zuverlässigkeit) ist das Maß für die Verlässlichkeit von Testverfahren, also ob bei einer Wiederholung der Messung auch das gleiche Ergebnis erzielt wird [55,56].

1.4.2 Qualitätsindikatoren

Normalerweise ist es nicht möglich den kompletten Prozess im Detail zu erfassen. Aus diesem Grund werden Qualitätsindikatoren herangezogen. Qualitätsindikatoren sind einzelne zu erfassende Parameter (Messgrößen), an Hand derer die Qualität der Gesamtleistung ermittelt werden kann. Ein Qualitätsindikator für die Prozessqualität in der Schwerverletztenversorgung wäre z.B. die benötigte Zeit für die Anlage eines venösen Zugangs. Gute Qualitätsindikatoren erfüllen einige Bedingungen [57,58]:

- Verständlichkeit: Klare und eindeutige Definition der Qualitätsindikatoren in allgemeinverständlicher Sprache
- Validität (Gültigkeit): Tatsächliche Beurteilung der Qualität der Versorgung
- Reproduzierbarkeit: Durchführung des Testes durch dritte Person in derselben Weise möglich
- Reliabilität (Zuverlässigkeit): Verschiedene Anwender kommen bei gleicher Datenbasis mit gleicher Methodik zu gleichen Messergebnissen
- Diskriminierungsfähigkeit: Qualitätsindikatoren sollten mit Referenzbereichen zwischen „guten“ und „schlechten“ Ergebnissen unterscheiden können
- Adjustierbarkeit: Messung der Qualität bei vergleichbaren Einheiten (z.B. Leistungserbringern) [58]

1.4.3 Dokumentation

Damit die Qualitätssicherung überhaupt sinnvoll angewandt werden kann, ist es notwendig eine fehlerfreie Dokumentation und Datenerfassung zu betreiben. Typischerweise wird dies durch einen Studienassistenten oder Videodokumentation gewährleistet.

Ein klarer Vorteil der Videodokumentation besteht in der Wiederholbarkeit der Beobachtungen, sodass auch die Dokumentation im Nachhinein überprüft werden kann. Nachteil sind die hohen Investitionskosten, ausreichend Kameras und sonstige dafür nötige Infrastruktur zu installieren. Des Weiteren bedarf die Sichtung des Materials zusätzliche Zeit. In Deutschland gibt es zudem hohe arbeits- und betriebsrechtliche Hürden für den Einsatz einer Videoüberwachung.

Ein dokumentierender Studienassistent kann sich durch Bewegung im Raum verschiedene, der Kamera unerreichbare Blickwinkel verschaffen. Dafür hat ein Studienassistent den Nachteil, die Situation im Zweifel subjektiv zu bewerten und sich von der allgemein herrschenden Stimmung beeinflussen zu lassen. Eine nachträgliche Wiederholung der Messung ist nicht mehr möglich. Besondere Aufmerksamkeit ist bei dem Einsatz verschiedener Studienassistenten geboten: Eine Vergleichbarkeit der einzelnen Messungen zueinander kann durch verschiedene subjektive Eindrücke oder Beobachtungswinkel und leicht variierte Messmethoden beeinträchtigt sein. Hier ist eine regelmäßige Schulung der Studienassistenten unabdingbar, damit ein hohes Maß an Datenqualität erzielt werden kann [45].

1.4.4 Implementierung von Qualitätsmanagementsystemen

Mehrere deutsche Studien belegen die Wirksamkeit von Qualitätsmanagementsystemen. Den Beginn machten 1997 Ruchholtz et al., die zeigen konnten, dass die Einführung von Behandlungsleitlinien mehrere positive Auswirkungen auf die Schwerverletztenversorgung mit sich brachte. So wurde z.B. die Dauer bis zu einem kraniellen CT bei schwerem SHT (Schädel-Hirn-Trauma) von 55 min auf 38 min reduziert, die Dauer bis zur Notoperation bei Schock von 98 min auf 79 min gesenkt und die Durchführung der vollständigen radiologischen und sonographischen Basisdiagnostik von 91 % auf 97 % erhöht [59,60]. Zum gleichen Schluss kommen Ruchholtz et al. in einer weiteren Studie 2001 und einem Vergleich mit dem TraumaRegister DGU® [61,62]. Letzterer zeigte, dass ein externes Qualitätsmanagement über ein zentrales Register in einzelnen Kliniken gezielt die „Einführung von Maßnahmen zur Verbesserung des Behandlungsprozesses“ vorantreiben kann [63]. Später, 2012, demonstrierte Helm et al. denselben Effekt anhand eines überregionalen Traumazentrums [64].

1.5 Traumazentren zur Sicherung der Strukturqualität

Eine Reduzierung chirurgischer Betten und die Zusammenführung benachbarter Standorte mit Schließung eines Krankenhauses gehen mit der Verringerung der Versorgungsdichte für die Behandlung schwerverletzter Patienten einher. Entlastend sollte hier eine 3-Gliederung der Versorgung wirken, um den inhomogenen Voraussetzungen der Krankenhäuser gerecht zu werden und eine Behandlungshierarchie zu schaffen.

Entscheidungsgrundlage hierfür boten multiple internationale Studien und Erfahrungsberichte [65–68]. Die Einführung eines 3-gliedrigen Systems der Traumazentren konnte bei einer Metaanalyse von 14 Publikationen mit einer 15%igen Reduktion der Letalität assoziiert werden [69,70].

In Deutschland wurde die Einteilung in

- Lokales Traumazentrum
- Regionales Traumazentrum
- Überregionales Traumazentrum

vorgenommen. International ist diese Einteilung anerkannt und wird gewöhnlich in vergleichbaren Strukturen umgesetzt. Dabei sind die Anforderungen für die Traumazentren der unterschiedlichen Ebenen über westliche Länder hinweg sehr vergleichbar [14,71].

Die Einstufung in die verschiedenen Versorgungsstufen legt den Rahmen der Strukturqualität fest. Es wird genau festgelegt, welche Voraussetzungen ein Krankenhaus

erfüllen muss, um sich in eine der drei Stufen einordnen zu können. Um als überregionales Traumazentrum – wie das Universitätsklinikum Regensburg (UKR) – eingeordnet zu werden, müssen von der DGU vorgegebene Kriterien und Aufgaben erfüllt werden (aus Weißbuch Schwerverletzten-Versorgung der DGU [14]):

- Definitive Versorgung von mindestens zwei Schwerverletzten parallel möglich
- Verpflichtung zur Mit- und Weiterbehandlung (Sekundärverlegungen) aller Schwerverletzten im Verbund mit lokalen und regionalen Traumazentren
- Patienten mit speziellen Verletzungen (z. B. Verbrennungen, Rückenmarksverletzungen, druckkammerpflichtigen Krankheitsbildern, Replantationen) müssen an überregionalen Traumazentren initial versorgt und/oder durch diese an spezielle Einrichtungen zeitgerecht weitergeleitet werden können
- Beteiligung am Katastrophenschutz mit Vorbereitung auf die Bewältigung eines Massenanfalls von Verletzten im Rahmen von Großschadensereignissen und Katastrophen
- Gewährleistung der gesamten fachspezifischen Fort- und Weiterbildung
- besondere Verpflichtung zur Beteiligung an klinischen Studien
- fortlaufende Sicherung und Verbesserung der Versorgungsqualität im Rahmen externer und interner allgemeiner und unfallchirurgischer Qualitätssicherungsverfahren
- Sicherstellung der interklinischen Fortbildung und Qualitätssicherung (Qualitätszirkel) im TraumaNetzwerk
- Übernahme besonderer nicht patientengebundener Maßnahmen im TNW (Traumanetzwerk)
- 24-stündige-Verfügbarkeit von Fachärzten aller relevanten Fachdisziplinen
- 24-stündige Notfalloperationskapazität
- 24-stündige Vorhaltung entsprechender Intensivkapazität für mindestens zwei gleichzeitig zu behandelnde Schwerverletzte
- Maßgebliche Beteiligung an der präklinischen Notfallrettung
- Klinische Forschung

Hinzu kommen genauer spezifizierte Angaben zu der personellen Ausstattung, räumlichen Anforderungen und Vorgaben für die Intensivstation [14].

Nicht als Traumazentren zertifizierte Krankenhäuser zeigten in einer amerikanischen Studie eine signifikant höhere Sterblichkeit der Patienten [72].

1.6 Traumaregister als Instrument der Prozess- und Strukturqualitätssicherung

Der Vorteil einer externen Qualitätssicherung wurde in den Vereinigten Staaten bereits 1983 erkannt und mit der Major Trauma Outcome Study, dem Vorläufer der heutigen National Trauma Databank (NTDB) des American College of Surgeons, ein zentrales Traumaregister geschaffen [73].

In Deutschland steht seit über zwei Jahrzehnten das TraumaRegister DGU® zur Verfügung. So kann die erreichte Struktur-, Prozess- und Ergebnisqualität eines Krankenhauses in flächendeckende Vergleichswerte eingeordnet werden.

In diesem multizentrischen Traumaregister wird eine prospektive, standardisierte und anonymisierte Dokumentation schwerverletzter Patienten vom Unfallzeitpunkt bis zur Klinikentlassung vorgenommen. Bei der zentralen, computergestützten Dateneingabe und Datenspeicherung werden die gesammelten Parameter Plausibilitätskontrollen unterzogen und ausgewertet [74].

Nur durch diese standardisierte und multizentrische Datenerfassung können Vergleiche zwischen einzelnen teilnehmenden Krankenhäusern gezogen werden. Denn auch trotz bestehender Leitlinien fanden sich in der Literatur genügend Beschreibungen von unbegründeten Handlungsabweichungen, die negative Folgen für den Patienten mit sich bringen können [75–79,79]. Auch in Deutschland konnten 2010 anhand einer Analyse des TraumaRegister DGU® deutliche Outcomeunterschiede zwischen einzelnen Kliniken ermittelt werden. So war die Letalität der zehn schwächsten Krankenhäuser mit 16,6 % fast doppelt so hoch wie die der besten zehn mit 8,7 %, bei vergleichbarer Verletzungsschwere der Patienten [80]. Mittlerweile stellt das TraumaRegister DGU® das weltweit größte Traumaregister für Schwerverletzte dar.

Andere Traumaregister, wie die bereits erwähnte NTDB oder das Trauma Audit & Research Network (TARN) im Vereinigten Königreich Großbritannien und Nordirland [81] erfassen zum Teil zwar insgesamt mehr Patienten, jedoch mit einer geringeren absoluten Anzahl an Schwerverletzten.

1.7 Reduzierte Personaldecke in der Nacht und an Wochenenden

Um dem verringerten Patientenaufkommen und dem Tagesrhythmus der Mitarbeiter des Krankenhauses gerecht zu werden, ist es weltweit üblich, nachts und an Wochenenden (oder diesen entsprechenden, freien Tagen), sowie Feiertagen weniger Personal vorzuhalten.

Dabei wird häufig, so auch in dieser Arbeit, zwischen einer Regelarbeitszeit (RAZ) wochentags von 08:00 bis 15:59 Uhr und einer nicht-Regelarbeitszeit (nRAZ) wochentags von 16:00 bis 07:59 Uhr und Wochenende unterschieden.

Während der RAZ ist die maximale Zahl an Mitarbeitern verfügbar, wohingegen während der nRAZ und damit auch nachts, nur eine verringerte Anzahl an Personal der Patientenversorgung direkt zur Verfügung steht. So findet die ambulante Versorgung außerhalb der Notaufnahme nur während des Tages an Wochentagen statt. Damit beschreitet das Gesundheitswesen keinen Einzelweg, sondern reiht sich zwischen anderen Dienstleistungsbranchen und Behörden ein.

Auch die nicht direkt der Patientenversorgung zugehörigen Bereiche, wie der EDV-Service (Elektronische Datenverarbeitung), technischer Dienst und Reinigungsservice sind in der Nacht und am Wochenende nur mit einem deutlich reduzierten Personalstamm anwesend. Diese Zeiten am Tage entsprechen arbeitsphysiologisch günstigen Arbeitszeiten, sodass die Arbeitszeit maximal produktiv genutzt werden kann [82].

1.7.1 Tageszeitliche Unterschiede in der prähospitalen Versorgung

In der präklinischen Versorgung von Schwerverletzten ergeben sich strukturbedingt einige Unterschiede zwischen RAZ und nRAZ, bzw. Tag und Nacht.

Ein „dual-use“ Helikopter, wie er mit dem Intensivtransporthubschrauber (ITH) Christoph Regensburg am UKR stationiert ist, arbeitet in einem Zwei-Schicht-System. „Dual-use“ bedeutet, dass der Helikopter sowohl für Intensivtransporte, als auch für Primäreinsätze geeignet ist und eingesetzt wird. Nachts kann der ITH jedoch nur von einem bodengebundenen Notarzt zu einem Primäreinsatz nachgefordert werden [83,84].

Rettungs-Transport-Hubschrauber werden nach Sonnenuntergang aus Sicherheitsgründen nicht mehr eingesetzt.

Daraus resultiert, dass tagsüber im Freistaat Bayern 13 Hubschrauber zur Primärrettung verfügbar sind, wohingegen nachts nur drei einsatzbereit sind [85]. Welchen hohen Stellenwert Rettungshubschrauber in der präklinischen Versorgung einnehmen, wurde in verschiedenen Studien bereits gezeigt [86–88]. Weiter stehen nachts auch weniger bodengebundene Rettungsmittel zur Verfügung. Eine flächendeckende Versorgung ist jedoch weiterhin gegeben [89].

1.7.2 Unterschiede der personellen Besetzung im Schockraum

Während der RAZ und damit wochentags am Tag, befinden sich mehrere unfallchirurgische, viszeralchirurgische, sowie anästhesiologische Oberärzte im UKR. Zudem ist die

Notaufnahme durchgehend mit einem chirurgischen Assistenzarzt besetzt. Das Team wird durch zwei Krankenpfleger der Chirurgie und einem Anästhesiepfleger unterstützt. Ein Radiologe wird standardmäßig zur Befundung der CT-Bilder hinzugezogen.

Dagegen sind während der nRAZ und in der Nacht Oberärzte nur in Rufbereitschaft verfügbar, wobei diese in weniger als 20 Minuten und damit meist vor Eintreffen des Patienten vor Ort sind. So sollte dieser Unterschied keinen Einfluss auf den Therapieerfolg des Patienten haben [90,91].

1.7.3 Verringerte Leistungsfähigkeit des medizinischen Personals in der Nacht

Zur Beschreibung des physiologischen Schlafrhythmus und dessen Dysregulation werden häufig Melatonin und Cortisol als Biomarker herangezogen.

Der menschliche Körper arbeitet unter Normalbedingungen, beeinflusst durch das Sonnenlicht, mit einem festen circadianen Rhythmus. Dieser regelt nachts die Körpertemperatur, den Puls und die Cortisolausschüttung herunter, während er den Melatoninspiegel im Serum erhöht. Der Melatoninspiegel ist direkt mit der Müdigkeit assoziiert. Cortisol ist ein Stresshormon und erhöht die Wachheit des Menschen direkt [92,93]. Die physiologische Schlafphase beginnt um ca. 22 Uhr und neigt sich ab ca. 4 Uhr morgens dem Ende zu. Um 6 Uhr wird etwa der durchschnittliche Tagesspiegel an Melatonin erreicht [94].

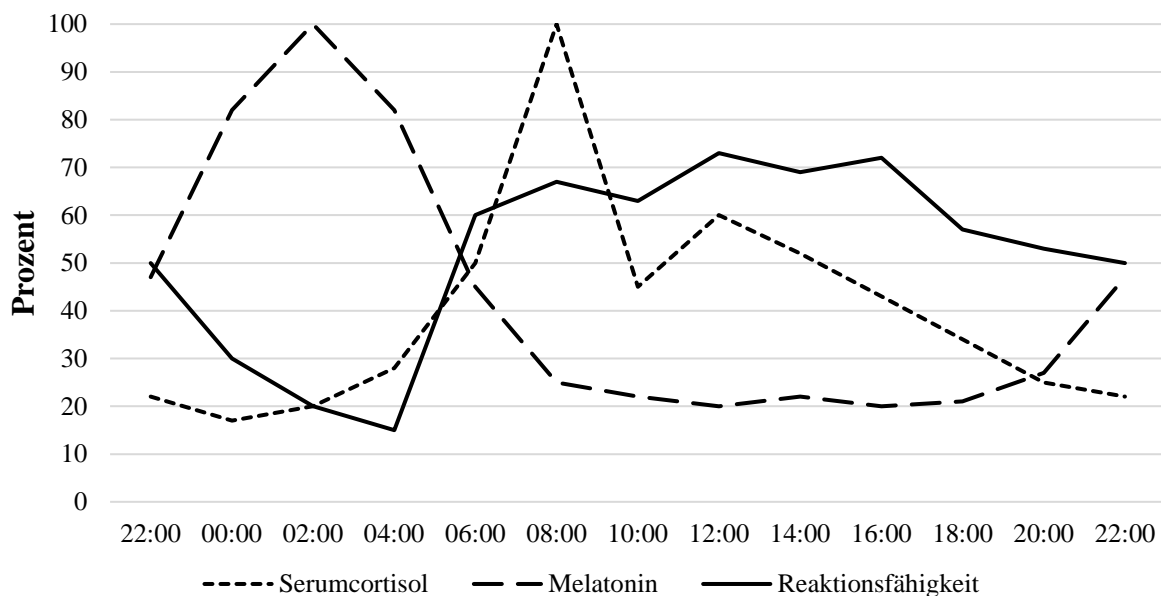


Abbildung 2: Serumcortisol, Serummelatonin und Reaktionsgenauigkeit im Tagesverlauf modifiziert nach Chan et al., Rajaratnam et al., Foret 1992 und Baumann [93–95]

Die Cortisol- und Melatoninspiegel wurden jedoch für gewöhnlich in kontrollierten Umgebungen mit definierter Beleuchtung, Ernährung und Beschäftigung erhoben. Über den tatsächlichen Stand in einer realen Arbeitsumgebung gibt es bislang kaum verlässliche Studien [96–98].

Die veränderte Hormonausschüttung des medizinischen Personals in der Nacht könnte einen Einfluss auf die Qualität der Schockraumversorgung haben. So konnte bei Notfallmedizinern nachgewiesen werden, dass das Kurzzeitgedächtnis nachts signifikant gegenüber dem Tage nachlässt [99]. Ebenso sind nächtliche Operationen mit einer höheren Sterblichkeit assoziiert [100]. Auch der bloße Versatz der Schlafenszeit des medizinischen Personals in der Nachtschicht auf den Tag scheint Einbußen in der kognitiven und motorischen Leistungsfähigkeit mit sich zu bringen. Darüber hinaus ist bekannt, dass die im Schockraum anzutreffende Schichtarbeit wesentlichen Einfluss auf die Stimmung, Konzentration und den Stoffwechsel hat. Dies resultiert sowohl aus dem Schlafmangel, als auch aus der Desynchronisation oder Dysregulation des circadianen Rhythmus [101,102].

Eine häufig auch in Massenmedien zitierte Studie aus dem Nature Journal bescheinigt Personen, die seit 22 Stunden wach sind, eine Problemlösungsfähigkeit und Geschicklichkeit ähnlich wie Personen unter dem Einfluss von 0,9‰ Blutalkohol [103].

In kontrollierten, klinischen Szenarien und Simulatoren ergab sich hingegen, dass die Nachtarbeit und das Schlafdefizit keinen wesentlichen Einfluss auf die Qualität der Maßnahme ausüben. Hierbei waren jedoch nur kleine Testgruppen verfügbar und der Hawthorne-Effekt könnte einen deutlichen Einfluss auf diese Studien gehabt haben [104,105]. Der Hawthorne-Effekt besagt, dass Personen, sobald diese wesentlich Teil einer Studie sind, ihr Verhalten ändern. Dadurch kann es zu einer Verfälschung des Ergebnisses kommen [106].

Der Arbeitsablauf bei einem schwerverletzten Patienten ist einerseits klar definiert und standardisiert, andererseits auch immer mit Stress und Aufregung verbunden, was sich wiederum auf die Leistungsfähigkeit des Personals auswirken könnte.

1.8 Intrahospitaler Arbeitsablauf bei einem schwerverletzten Patienten

Unabhängig von der Tageszeit sollte jedoch der intrahospitale Arbeitsablauf weitgehend gleich gestaltet sein. Hier ist entscheidend, dass das Team in der Schwerverletztenversorgung geschult ist. Dabei darf es keine Unterschiede in der Qualifikation der Besetzung aufgrund unterschiedlicher Uhrzeiten geben. Dafür werden verschiedene Kurse angeboten, wie der in Regensburg vorherrschende “Advanced Trauma Life Support” (ATLS) oder der “European Trauma Course” (ETC). Ziel dieser Kurse ist ein strukturierter und zielorientierter Ablauf der Behandlung. So wird die Überlebenschance erhöht und das Risiko einer Sekundärverletzung verringert [107–113].

Der Arbeitsablauf beginnt mit der Anmeldung des Patienten durch den Notarzt oder die Rettungsleitstelle. Daraufhin werden alle voraussichtlich nötigen Fachdisziplinen alarmiert, die dementsprechend Personal für den Patienten abstellen.

Mit dem Eintreffen des Patienten beginnt – dem ATLS-Konzept folgend – die Erstuntersuchung („primary survey“). In diesem Abschnitt werden die akut lebensgefährdenden Verletzungen nach dem ABCDE („Airway, Breathing, Circulation, Disability, Exposure“) Algorithmus erfasst. Entscheidend hierbei ist die ausreichende Oxygenierung der lebenswichtigen Organe. Dafür können Laryngoskopie, Intubation oder Koniotomie nötig sein. Zusätzlich sollte die Halswirbelsäule (HWS) durch eine Halskrause stabilisiert werden. Die nachfolgenden Untersuchungsschritte (siehe Tabelle 2) laufen idealerweise simultan ab [108].

Ablauf	Basisdiagnostik	Zusatzdiagnostik	Einzuleitende Notfallmaßnahmen	Kriterium
A (Airway)	Inspektion, Auskultation, Pulsoxymetrie		Laryngoskopie, Intubation, Koniotomie, Halskrause	Sicherung freier Atemwege zur Sauerstoffaufnahme; Sicherung der HWS
B (Breathing)	Inspektion, Auskultation, Pulsoxymetrie	Thoraxröntgen (nativ), Sonographie	Bronchoskopie, Thoraxdrainage, Intubation, Thorakotomie	Sicherung des pulmonalen Gasaustausches
C (Circulation)	Inspektion, Blutdruck, Herzfrequenz	Sonographie, CT Thorax/Abdomen	Schocktherapie, Perikardiozentese, Peritoneallavage, Laparotomie, Beckenstabilisierung	Frühzeitiges Erkennen einer Schocksituation, der Schockursache und Einleiten adäquater Schocktherapie- maßnahmen, einschließlich Blutstillung
D (Disability)	GCS, Pupillenstatus, peripherer neurologischer Status	CT Schädel, Röntgen/CT/MRT Wirbelsäule	Hirndruckprophylaxe, Kraniotomie	Erkennen intrakranieller Blutungen, Bestimmung der initialen Neurostatus zur Verlaufsbeurteilung
E (Exposure and Environment)	Entkleidung, orientierende Ganzkörperuntersuchung einschließlich Rücken, Temperaturmessung, Anamnese	Komplettierung Monitoring (z. B. EKG), Blasenkatheter, Frakturschienung		Erkennen von Verletzungen, Hypothermieprophylaxe

Tabelle 2: Ablauf der Erstuntersuchung ATLS nach Shafizadeh et al. [108];

HWS: Halswirbelsäule, GCS: Glasgow Coma Scale, CT: Computertomographie, MRT:

Magnetresonanztomographie, EKG: Elektrokardiographie

Die Zweituntersuchung beginnt nach Abschluss der Erstuntersuchung. Sie läuft ebenso nach einem festgelegten Schema ab, sodass sich alle behandelnden Personen im Ablauf zurechtfinden können. Ein zentraler Aspekt der Zweituntersuchung ist die komplette Untersuchung des Patienten, um alle anatomischen Verletzungen zu erfassen. Dabei werden die Vitalfunktionen und der neurologische Status mittels der Glasgow Coma Scale (GCS) ständig reevaluiert, um bei Veränderung den Behandlungsplan entsprechend anzupassen.

Radiologische Bildgebung (CT, konventionelles Röntgen) und notwendige Labortests (z.B. Blutgasanalyse (BGA)) vervollständigen die Untersuchung [114].

Sobald die Verletzungen erfasst sind, muss eine adäquate Behandlungsstrategie erarbeitet sein. Aus diesem Grund kann eine Abklärung der OP- und Intensivkapazitäten zuvor sinnvoll sein [112,115]. Am UKR steht nachfolgend auch die Entscheidung für eine „zweite Schockraumphase“ an, um die Diagnostik und erste Therapie zu vervollständigen.

1.9 Fragestellung

Das Ziel dieser Doktorarbeit ist, die Prozess- und Ergebnisqualität der Behandlung schwerverletzter Patienten zu erfassen, zu bewerten, sowie wochen- und tageszeitliche Unterschiede zu analysieren und bewerten.

Die Prozessqualität soll durch die erfassten Zeitintervalle einzelner Interventionen im Schockraum abgebildet werden. Dabei wird die Leistungsfähigkeit des medizinischen Personals erfasst, ohne, dass dabei auf Modellsituationen oder gestellte Szenarien zurückgegriffen werden muss.

Die Ergebnisqualität soll hingegen aus den etablierten Qualitätsparametern, wie der Glasgow Outcome Scale, der Letalität oder der Liegedauer im Krankenhaus abgeleitet werden.

Diese Arbeit vergleicht zum einen tageszeitliche Unterschiede zwischen Tag und Nacht und zum anderen die Regelarbeitszeit mit der nicht-Regelarbeitszeit.

So kann einerseits vermehrt der Einfluss der unterschiedlichen Personalbesetzung und andererseits insbesondere der Einfluss der Müdigkeit auf die Qualität der Versorgung untersucht werden.

Dadurch soll diese Dissertation dabei helfen, den Personaleinsatz richtig abschätzen zu können und gegebenenfalls an tageszeitliche, sowie werk- und feiertägliche Unterschiede anzupassen. Gleichzeitig könnte man Aussagen dazu treffen, ob die Nachtschicht umgestaltet werden müsste, um den Einfluss der Müdigkeit auf die Qualität zu mindern.

Weiter ist damit ein interhospitaler, zeitgebundener Qualitätsvergleich mit anderen Kliniken über das TraumaRegister DGU® möglich.

Die Hypothese dieser Arbeit ist, dass sich durch die genannten individuellen und strukturellen Unterschiede eine reduzierte Prozess- und Ergebnisqualität in der Behandlung schwerverletzter Patienten sowohl an Wochenenden und Feiertagen, als auch in der Nacht am UKR zeigt.

2 Material und Methoden

2.1 Studienpopulation

Um mit dieser Arbeit die Fragestellung zu klären, wurden zwei sich überschneidende, jedoch nicht identische Populationen betrachtet (Population 1 und 2). Es handelt sich um eine monozentrische, retrospektive Studie.

Der Erfassungszeitraum erstreckte sich vom 1. September 2007 bis 31. Dezember 2011 (52 Monate) für die Grundgesamtheit 1 und vom 1. September 2007 bis 31. Dezember 2013 (76 Monate) für die Grundgesamtheit 2.

Die Grundgesamtheit 1 umfasst 757 verunfallte Patienten, die vom Rettungsdienst in den Schockraum des UKR gebracht wurden.

Die Grundgesamtheit 2 umfasst 1226 verunfallte Patienten, die vom Rettungsdienst in den Schockraum des UKR gebracht wurden.

Aus der Grundgesamtheit 1 rekrutiert sich die Population 1, die Population 2 stammt aus der Grundgesamtheit 2.

Für beide Populationen wurden als Einschlusskriterien ein Injury Severity Score (ISS) [18] von ≥ 16 und eine durchgängige Anwesenheit des Studienassistenten, welcher die Abläufe im Schockraum mitprotokollierte, festgelegt.

Die Population 1 wurde anhand der Eintreffzeit des Patienten in zwei Gruppen aufgeteilt:

- Regelarbeitszeit (RAZ) wochentags 8:00-16:00 Uhr
- nicht-Regelarbeitszeit (nRAZ) alle verbleibenden Zeitpunkte

Die vorangegangene Einteilung entspricht den typischen Dienstzeiten der an der Schockraumbehandlung beteiligten Fachdisziplinen, mit besonderer Gewichtung der Unfallchirurgie und Anästhesie.

Für die Population 2 gilt ein weiteres Einschlusskriterium. Die Patienten mussten zusätzlich (zur durchgängigen Anwesenheit des Studienassistenten und $ISS \geq 16$) innerhalb der folgenden Zeiträume eingeliefert worden sein. Anhand dieser Zeiträume wurden nachfolgend auch die Gruppen aufgeteilt:

- TAG 8:00-15:59 Uhr
- NACHT 21:00-5:59 Uhr

2.2 Einzugsgebiet

Das UKR hat ein Einzugsgebiet von ungefähr 20 000 km² mit ca. 2 Millionen Einwohnern und erstreckt sich Großteils über die Region Ostbayern. Diesem Gebiet ist der ITH Christoph Regensburg zugeordnet. Das Uniklinikum Regensburg ist zudem im 60 km-Einsatzbereich des RTH CH (Rettungstransporthubschrauber Christoph) 32 Ingolstadt und des RTH CH 15 Straubing. Mit dem ITH CH Nürnberg, RTH CH 27 Nürnberg und dem RTH CH 80 Weiden stehen 3 weitere Helikopter im Radius von rund 100 km Luftlinie zur Verfügung [116]. Zudem ist flächendeckend ein 24-Stunden einsatzbereites, bodengebundenes Rettungswesen verfügbar. Dabei darf die Hilfsfrist in Bayern maximal 12 Minuten zzgl. einer undefinierten Bearbeitungszeit in der Leitstelle betragen [117].

2.3 Datensammlung

Während der kompletten Behandlungsdauer im Schockraum einschließlich der radiologischen Bildgebung war bei jedem in diese Studie eingeschlossenen Patienten ein Studienassistent anwesend.

Studienassistenten waren Studenten, welche in der Schwerverletztenversorgung geschult wurden und so auf ein breites Wissen zurückgreifen können. Um eine lückenlose Dokumentation zu gewährleisten, wurden die Studienassistenten mit der Anmeldung des Patienten durch die Rettungsleitstelle oder den Notarzt vor Ort von Mitarbeitern der Notaufnahme alarmiert. Dabei hatten sie die Vorgabe innerhalb von 10 Minuten am UKR einzutreffen. Die Studienassistenten verhielten und positionierten sich unauffällig. Dennoch sollten sie einen guten Blick auf die durchgeführten Behandlungsschritte haben. Um Details (Beatmungsparater oder Ähnliches) dokumentieren zu können, wechselten sie durchaus ihre Position im Raum, ohne einen Einfluss auf die Behandlung zu nehmen. Auch auf der Fahrt zum CT begleiteten sie den Patienten und konnten auch während der CT-Diagnostik den Patienten durch eine Bleiglasscheibe im Blick behalten. Falls eine weitere Schockraumphase nach dem CT angeschlossen wurde, wurde auch diese dokumentiert. Einem möglichen Hawthorne-Effekt wurde mit dem zurückhaltenden Auftreten des Studienassistenten und dessen permanente Anwesenheit bei schwerverletzten Schockraumpatienten begegnet [118]. Der zusammengetragene Datensatz umfasst rund 450 Parameter. Diese setzen sich aus zwei Teilen zusammen.

2.3.1 TraumaRegister DGU® als Basisdaten

Zum einen sind es 130 Parameter, die standardmäßig von TraumaRegister DGU® abgefragt werden. Dabei handelt es sich um demographische Stammdaten, Details zur Behandlung von der präklinischen Versorgung bis zur Intensivstation, Diagnosen und Entlassungsdetails, sowie Outcome-Parameter. Hiervon werden die wesentlichen Parameter in dieser Arbeit analysiert.

Demographische Stammdaten, Verletzungsschwere und Grundeigenschaften

Neben Stammdaten wie dem Alter und Geschlecht wurde die Schwere der Verletzung durch mit Hilfe der geläufigen Skalen erfasst. Hierzu wurden die Abbreviated Injury Scale (AIS) [119], der Injury Severity Score (ISS) [18] und der New Injury Severity Score (NISS) [120] berechnet [64]. Zusätzlich wurde das „ASA physical status classification system“ (ASA) erfasst [121].

Der Unfallhergang wurde aufgeteilt in Autounfälle, Zweiradunfälle, Fußgängerunfälle, Stürze über drei Meter und Sonstiges. Zweiradunfälle beinhalten sowohl Motorrad-, wie auch Fahrradunfälle. Unter Sonstiges werden Schuss-, Schlag- und Stichverletzungen, diverse Suizidarten, sonstige Verkehrsunfälle (Schifffahrt, Zug) und Sturz unter drei Metern subsumiert.

Details zur präklinischen Versorgung

Für die präklinische Datenerhebung wurden die DIVI-Protokolle (Protokolle für die präklinische Versorgung der „Deutschen Interdisziplinäre Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin e.V.“) ausgewertet. Daraus wurden die Einsatzzeiten, die präklinischen Vitalparameter, der neurologische Status, sowie die Therapie ausgelesen. Bezüglich der Therapie wurden die Volumengabe (Kristalloide, Kolloide, hyperosmolare Lösung) und die durchgeführten Maßnahmen (Intubation, Analgosedierung, Herzdruckmassage, Katecholamingabe, Thoraxdrainage) dokumentiert. Die durch den Notarzt festgestellten Verletzungen wurden nach Körperregionen getrennt dokumentiert. Die aktuellste Version ist die fünfte Version. Diese wurde erst im Jahr 2013 veröffentlicht und kam dementsprechend in dieser Studie kaum zum Einsatz. Den Großteil der erfassten Protokolle stellen Protokolle der Version 4.2 [122].

Der ebenso verwendete, sogenannte Schockindex berechnet sich aus dem Quotienten der Herzfrequenz und dem systolischen Blutdruck. Je höher der Wert, desto gravierender ist die Schocksymptomatik bei diesem Patienten ausgeprägt. Dies resultiert daraus, dass ein Volumenmangel durch den Körper physiologisch zuerst durch die Engstellung der Gefäße

und das Anheben der Herzfrequenz ausgeglichen wird. Im weiteren Verlauf, bei zunehmendem Blutverlust wird der Patient bradykarder, während der Blutdruck noch weiter abfällt, was zu einer Abflachung des Schockindexes führt [123]. Bei einem systolischen Blutdruck von 0 mmHg oder einer Herzfrequenz von 0 Schlägen/Minute kann der Schockindex nicht bestimmt werden.

Details zur Behandlung im Schockraum und anschließender OP

Die Schockraumphase wird in den TraumaRegister DGU®-Daten mit den Vital- und Beatmungsparametern, der GCS und der durchgeführten Diagnostik mit jeweiliger Zeitangabe (FAST-Sono (Focused Assessment with Sonography for Trauma) [24], Röntgen, CT und ROTEM®) abgebildet. Außerdem werden die ersten Laborwerte (Hämoglobin, Thrombozytenzahl, Quick-Wert, partielle Thromboplastinzeit, International Normalized Ratio, Base Excess, Laktat, Temperatur), notfallmäßige Eingriffe im Schockraum, Volumengabe mit Transfusionen (Erythrozytenkonzentrate, Fresh Frozen Plasma (FFP), Thrombozytenkonzentrate) und die Therapie im Schockraum (Intubation, Herzdruckmassage, Katecholamine, Thoraxdrainage, Embolisation, akute externe Frakturstabilisierung, Hämostase-Therapie) erfasst.

Für Daten, die die OPs betreffen, wurden die OP-Ablaufprotokolle herangezogen. Diese Daten umfassen die Rahmenzeiten der OP und die durchgeführten Maßnahmen. Die intraoperative Volumengabe, Transfusionen und Medikamentenapplikation wurden anhand der Anästhesieprotokolle ausgewertet.

Details zur Behandlung auf der Intensivstation

Die Daten der Intensivstation wurden aus dem Intensivüberwachungs-Programm „Metavision“ von iMDsoft ausgelesen und erfassen die Aufenthaltsdauer, die Beatmungstherapie, den Simplified Acute Physiology Score (SAPS) II Wert [124] des ersten Tages, mögliche Organversagen, Sepsis, Transfusionen, Hämostase-Therapie, Nierenersatzverfahren und die ersten Laborwerte der Intensivstation.

Sepsis wurde als SIRS (Systemisches inflammatorisches Response-Syndrom) infektiöser Genese definiert. Dabei mussten eine positive Blutkultur und zwei der folgenden Kriterien, oder eine negative Blutkultur und vier der folgenden vier Kriterien vorliegen:

- Fieber ($\geq 38,0$ °C) oder Hypothermie ($\leq 36,0$ °C) bestätigt durch eine rektale, intravasale oder intravesikale Messung
- Tachykardie mit Herzfrequenz $\geq 90/\text{min}$

- Tachypnoe (Frequenz $\geq 20/\text{min}$) oder Hyperventilation (bestätigt durch Abnahme einer arteriellen Blutgasanalyse mit $\text{PaCO}_2 \leq 4,3 \text{ kPa}$ bzw. 33 mmHg)
- Leukozytose ($\geq 12.000/\text{mm}^3$) oder Leukopenie ($\leq 4.000/\text{mm}^3$) oder 10 % oder mehr unreife Neutrophile im Differentialblutbild [125]

Ein Multiorganversagen (MOV) wurde als Versagen mehrerer lebenswichtiger Organsysteme definiert. Darunter zählt das ARDS (Acute Respiratory Distress Syndrome) der Lunge, das akute Nierenversagen, der Ausfall des Gerinnungssystems, z.B. durch Abfall der Thrombozyten, oder die akute Herzkreislaufinsuffizienz.

Diagnosen, Entlassungsdetails und Outcome-Parameter

Entlassungsdetails (Entlassungs-/Todesdatum, Glasgow Outcome Scale, Verlegung) und Diagnosen wurden dagegen aus den Entlassbriefen bestimmt. Dabei wurde zwischen den Verletzungen unterschieden, die schon im Schockraum bekannt waren und denen, die erst später diagnostiziert wurden.

Die beobachtete Letalität ist das Verhältnis der Todesfälle der in dieser Studie eingeschlossenen Patienten zu der Gesamtanzahl der eingeschlossenen Patienten. Da ein bestimmter Zeitraum betrachtet wird, wäre auch die Bezeichnung „Letalitätsrate“ möglich [126]. Diese wird jedoch für gewöhnlich für ein Jahr angegeben, sodass vereinfachend fortan in dieser Arbeit von „Letalität“ gesprochen wird. Nicht einbezogen werden hierbei die Patienten, die nach dem Krankenhausaufenthalt am UKR ihren Verletzungen erlagen. Daraus ergibt sich für diese Arbeit die folgende Formel:

$$\text{Letalität} = \frac{\text{Anzahl der eingeschlossenen Todesfälle im Krankenhaus}}{\text{Gesamtanzahl der eingeschlossenen Patienten}}$$

Im Englischen wird dies durch „mortality“ ausgedrückt. Dies führt dazu, dass sich in der deutschen Literatur häufig in diesem Zusammenhang die Bezeichnung „Mortalität“ findet. Diese gibt jedoch typischerweise die Anzahl der Todesfälle im Verhältnis zur gesamten Bevölkerung an und ist dementsprechend nur bedingt treffend für den zuvor beschriebenen Sachverhalt [127].

Die erwartete Letalität wurde durch den Trauma and Injury Severity Score (TRISS) [128] und den Revised Injury Severity Classification Score (RISC-Score) bestimmt. Zur Ermittlung dieser werden verschiedene Parameter, wie Alter, ISS, Grad der Kopfverletzung, Beckentrauma mit relevantem Blutverlust, präklinische Reanimation, Gerinnung und die Anzahl indirekter Blutungszeichen verwendet [129].

2.3.2 Spezifisch in Regensburg erhobene Daten

Bei dem anderen Teil der Daten (rund 320 Parameter) handelt sich um eine Vertiefung der im TraumaRegister DGU® erfassten Daten. Hierzu zählen die genauen Start- und Endzeitpunkte von einzelnen Interventionen (wie Thoraxdrainage, zentraler Venenkatheter (ZVK), etc.), die im Schockraum durchgeführt wurden. Die Zeitnahmen für die Dauer der Interventionen wurden mit dem Beginn der ersten Maßnahmen der durchführenden Person (Arzt oder Pflegekraft) mit dem Ziel der Durchführung der jeweiligen Intervention begonnen. Die Vorbereitungszeit durch andere Personen wurde dementsprechend nicht berücksichtigt. Diese genaue Protokollierung wurde bis zum Eintreffen auf Intensivstation, Operationssaal oder dem Tod des Patienten fortgeführt. Für diese Arbeit wurden lediglich die Interventionsdauern bis zum ersten CT verwendet, da hier die beste Vergleichbarkeit gegeben ist.

Zusätzlich wurden die einliefernden Notärzte gebeten, einen standardisierten Fragebogen des Traumanetzwerkes Ostbayern auszufüllen. In diesem Fragebogen durften die Notärzte Schulnoten (1-6) für verschiedene Leistungsmerkmale des Schockraums und des behandelnden Teams, wie z.B. der Verfügbarkeit der Ressourcen, der Professionalität der Arbeitsabläufe, oder die Vollständigkeit des Teams geben. Hinzu kam ein Fragebogen für die Notärzte, in dem genauere Details zum Behandlungsablauf und einsatzstrategische Gesichtspunkte abgefragt wurden.

2.4 Statistische Methoden

Vergleiche zwischen zwei Gruppen wurden für dichotome Variablen mit dem Chi-Quadrat-Test vorgenommen. Unter dem Chi-Quadrat-Test werden mehrere Tests zusammengefasst: Verteilungstest, Homogenitätstest und der Unabhängigkeitstest. In dieser Arbeit wird der letztgenannte Test angewandt, um zu prüfen, ob zwei Merkmale stochastisch voneinander unabhängig sind. Dabei macht der Test eine Aussage darüber, ob die beobachteten Häufigkeiten sich signifikant von den erwarteten Häufigkeiten unterscheiden. Dafür wird die Differenz der beobachteten Häufigkeit zur erwarteten Häufigkeit quadriert und durch die erwartete Häufigkeit geteilt. Dieser Quotient muss dann für jede Zelle der Kreuztabelle berechnet werden. Die Summe aus all diesen Werten ist der χ^2 -Wert, welcher als Prüfgröße verwendet wird. Eins minus die Verteilungsfunktion des χ^2 -Wertes stellt den p-Wert dar [130].

Stetige Variablen wurden mit dem ungepaarten t-Test (für normalverteilte Variablen) und dem Wilcoxon-Mann-Whitney-U-Test (für nicht normalverteilte Variablen) untersucht.

Zwar dienen beide Tests zur Überprüfung der Signifikanz der Übereinstimmung zweier Verteilungen, doch unterscheiden sie sich im Vorgehen. Der Wilcoxon-Mann-Whitney-U-Test nutzt eine Rangzuordnung. Das bedeutet, dass mit aufsteigenden Realwerten aufsteigende Ränge zugeordnet werden. Dabei ist es nicht von Belang, wie weit die Realwerte voneinander entfernt liegen, da in jedem Fall +1 auf den vorhergehenden Rang addiert wird [131].

Der t-Test hingegen vergleicht Mittelwerte zweier Stichproben, sodass eine Normalverteilung vorausgesetzt werden sollte. Der t-Test ermittelt dabei, ob einer der Mittelwerte kleiner ist als der andere [132].

Die Normalverteilung wurde mittels dem Kolmogorov-Smirnov-Test geprüft. Dieser prüft, ob zwei Zufallsvariablen die gleiche Verteilung besitzen [133].

Alle Ergebnisse werden mit dem Durchschnitt \pm der Standardabweichung, oder mit dem Prozentanteil an der jeweiligen Gruppe angegeben (z.B. Anteil an allen Patienten, Anteil an allen TAG-Patienten, oder Anteil an allen NACHT-Patienten). So kann ein Vergleich zwischen den Prozentzahlen der einzelnen Gruppen leichter und sinnvoll durchgeführt werden. Die jeweiligen Einheiten der Variablen finden sich hinter dem Namen der Variable in der ersten Spalte der Tabellen.

Als statistisch signifikant werden p-Werte kleiner 0,05 angesehen.

Eine Outcome-Analyse wurde durch die Berechnung der standardisierten Mortalitätsratio (SMR) für die TRISS- und RISC-Prognose der verschiedenen Patientengruppen durchgeführt. Mit der SMR erhält man sinnvolle Vergleichszahlen zwischen zwei Studienpopulationen. Dabei werden diese Studienpopulationen mit einer fiktiven Standardpopulation verglichen. In unserem Fall findet der Vergleich der beobachteten Letalität mit der erwarteten Letalität, welche durch den TRISS und RISC berechnet wird, statt. Entscheidend hierbei sind zwei in den Grundeigenschaften gleichartig verteilte Gruppen. Ist der Wert gleich 1, ist die Sterblichkeit idem der berechneten. Werte kleiner 1 zeigen ein geringeres Versterben, Werte größer 1 ein vermehrtes Versterben als vorausberechnet an. Die SMR wird zusammen mit dem 95%-Konfidenzintervall angegeben [134].

Zur Bestätigung der Ergebnisse wurde eine Sensitivitätsanalyse mit jeweils um 30 und 60 Minuten verschobenen Start- und Endzeiten der einzelnen Gruppen durchgeführt. Hierbei wurden lediglich die Verletzungsschwere, die berechnete Überlebenswahrscheinlichkeit, alle Interventionsdauern im Schockraum, die Schockraumübersichtszeiten und die Letalität nochmals überprüft.

Ein Signifikanzvergleich zwischen der Gruppe der TAG/NACHT-Patienten und der Gruppe der RAZ/nRAZ-Patienten kann auf Grund der teilweisen Doppelzugehörigkeit einiger Patienten nicht erkenntnisbringend durchgeführt werden.

2.5 Ethik

Die zugrundeliegende Studie wurde durch die Ethikkommission der Fakultät für Medizin der Universität Regensburg genehmigt (Nummer 14-101-0004).

2.6 PC-Programme

Die statistischen Tests wurden mit IBM SPSS 21.0.0 für Windows durchgeführt.

Für die Textverarbeitung wurde Microsoft Word aus der Office Suite „Office 356 University“ verwendet.

Die Verwaltung der Literatur erfolgte durch Citavi 4 in der Version 4.1.0.3 von Swiss Academic Software GmbH.

3 Ergebnisse

Die Ergebnisse werden chronologisch der Patientenversorgung entsprechend dargestellt. Innerhalb jedes Abschnittes werden zuerst die Ergebnisse der Population 1 und nachfolgend die der Population 2 aufgezeigt.

3.1 Eigenschaften der Studienpopulationen

3.1.1 Grundeigenschaften der Studienpopulationen

Population 1

394 aus 757 Patienten der Grundgesamtheit 1 erfüllten die Einschlusskriterien und stellen damit die Population 1 dar. Dabei wurden 298 Patienten auf Grund eines ISS unter 16 ausgeschlossen. Weitere 105 wurden wegen eines nicht kompletten Datensatzes ausgeschlossen.

96 Patienten (24,4 %) wurden während der RAZ und dementsprechend 298 Patienten (75,6 %) während der nRAZ eingeliefert. Eine Übersicht über die ausgeschlossenen Patienten zeigt das Flussdiagramm.

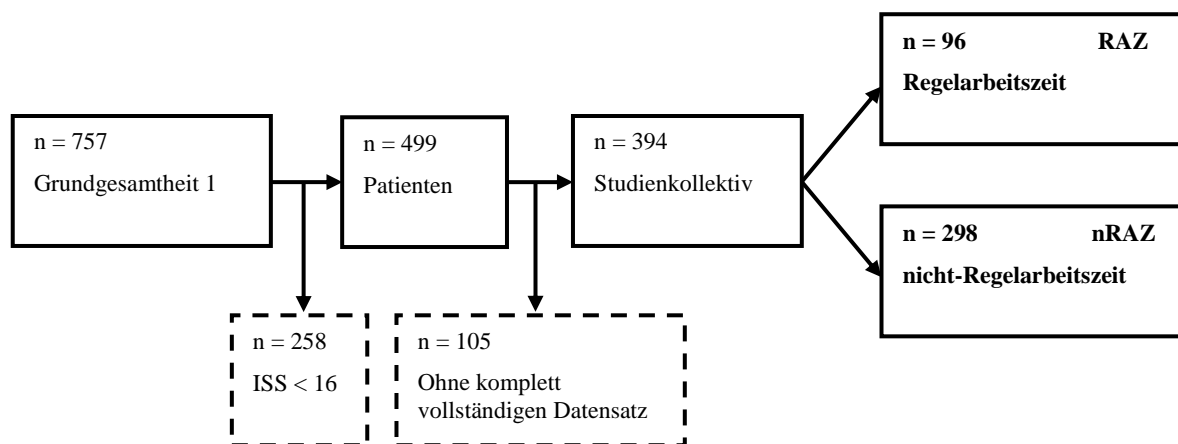


Abbildung 3: Flussdiagramm der in Population 1 ausgeschlossenen Datensätze;
ISS: Injury Severity Score

Der Altersdurchschnitt aller Patienten betrug insgesamt 38,5 (\pm 20,4) Jahre. Der Altersmedian lag bei 37,0 Jahren. 27,7 % der Patienten waren weiblich, 72,3 % männlich. Die männlichen Patienten waren mit 38,6 (\pm 19,4) Jahren durchschnittlich nicht signifikant älter als die weiblichen Patienten mit 38,3 (\pm 22,9) Jahren, $p = 0,541$.

Population 2

In die Population 2 konnten von 1226 in der Grundgesamtheit 2 erfassten Patienten 420 eingeschlossen werden. 840 Patienten trafen in der Notaufnahme während der Zeiträume TAG oder NACHT ein. 300 Patienten wurden aufgrund eines ISS < 16 ausgeschlossen. Von den übrigen 540 Patienten wurden 120 wegen eines nicht vollständigen Datensatzes ausgeschlossen. Die insgesamt 420 verbliebenen Patienten teilten sich in 268 Patienten (63,8 %) des Zeitraumes „TAG“ und 152 Patienten (36,2 %) des Zeitraumes „NACHT“ auf und stellen damit die zweite Studienpopulation dar. Grafisch ist dies in Abb. 4 dargestellt.

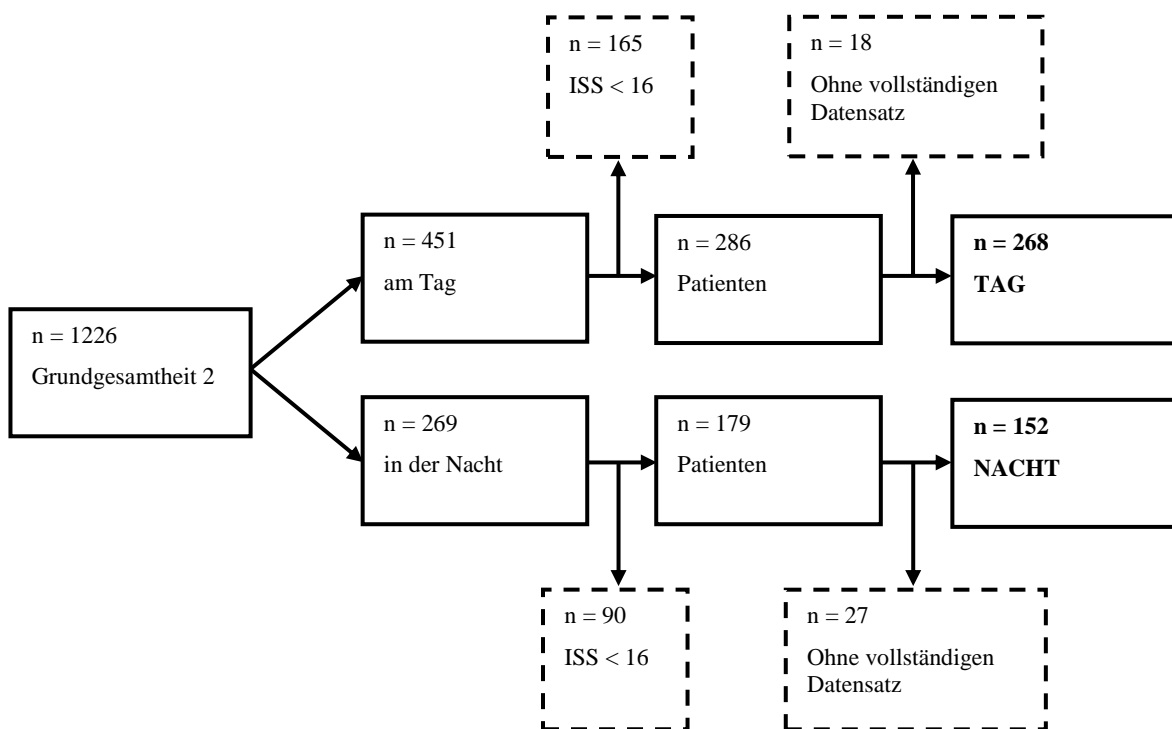


Abbildung 4: Flussdiagramm der in Population 2 ausgeschlossenen Datensätze;
ISS: Injury Severity Score

Der Altersdurchschnitt der Population 2 lag bei 39,9 (\pm 21,0) Jahren. 69,8 % der Patienten waren männlich und dementsprechend 30,2 % weiblich. Zwischen männlichen Patienten mit 39,0 (\pm 19,6) Jahren und weiblichen Patienten mit 41,8 (\pm 23,9) Jahren lag hier in Bezug auf das Alter ebenso keine signifikante Differenz vor, $p = 0,442$.

3.1.2 Grundeigenschaften der Untergruppen und Unfallmechanismen

Population 1

Während der RAZ waren mit 64,6 % nicht signifikant weniger Patienten männlich, als während der nRAZ mit 78,2 %, $p = 0,510$. Bezüglich der Traumaart hatten mit 2,0 %

insgesamt sehr wenige Patienten eine penetrierende Verletzung und dementsprechend die deutliche Mehrheit ein stumpfes Trauma. Dies spiegelte sich in der Gruppe der RAZ mit 1,0 % ebenso wieder, wie in der Gruppe der nRAZ (2,4 %). Die beiden Gruppen unterschieden sich hinsichtlich der Traumaart nicht signifikant, $p = 0,424$.

Im Hinblick auf den Unfallhergang stellten die Autounfälle sowohl während der RAZ (33,3 %), als auch während der nRAZ (38,9 %) die deutliche Mehrheit, $p = 0,325$. An zweiter Stelle folgte der Zweiradunfall mit insgesamt 23,6 %, mit keinem signifikanten Unterschied zwischen RAZ (19,8 %) und nRAZ (24,8 %), $p = 0,312$, vor der Sammlung der sonstigen Unfallhergänge mit insgesamt 18,5 % (RAZ 18,8 %; nRAZ 18,5 %; $p = 0,949$). Unterschiede hingegen gab es beim Hergang Sturz über drei Meter (insgesamt 13,5 %): Dieser kam in der RAZ mit 19,8 % signifikant häufiger als während der nRAZ mit 11,4 % vor, $p = 0,036$. Am seltensten jeweils geschah der Fußgängerunfall mit insgesamt 6,9 % (RAZ 8,3 %; nRAZ 6,4 %; $p = 0,509$).

	n(gesamt)	gesamt: %	n(RAZ)	RAZ: %	n(nRAZ)	nRAZ: %	p-Wert
Eingetroffen im SR	394	100 %	96	24,4 %	298	75,6 %	
männlich	285	72,3 %	62	64,6 %	223	78,2 %	0,510
Traumaart: penetrierend	8	2,0 %	1	1,0 %	7	2,4 %	0,424
Unfallhergang: Autounfall	148	37,6 %	32	33,3 %	116	38,9 %	0,325
Unfallhergang: Zweiradunfall	93	23,6 %	19	19,8 %	74	24,8 %	0,312
Unfallhergang: Fußgängerunfall	27	6,9 %	8	8,3 %	19	6,4 %	0,509
Unfallhergang: Sturz über 3m	53	13,5 %	19	19,8 %	34	11,4 %	0,036
Unfallhergang: Sonstiges	73	18,5 %	18	18,8 %	55	18,5 %	0,949

Tabelle 3: Population 1 (n = 394), Grundcharakteristiken und Häufigkeitsvergleich der verschiedenen Unfallhergänge;

SR: Schockraum, SD: standard deviation (Standardabweichung)

Zur Verdeutlichung sind die Häufigkeiten der Traumaarten im nachfolgenden Diagramm abgebildet.

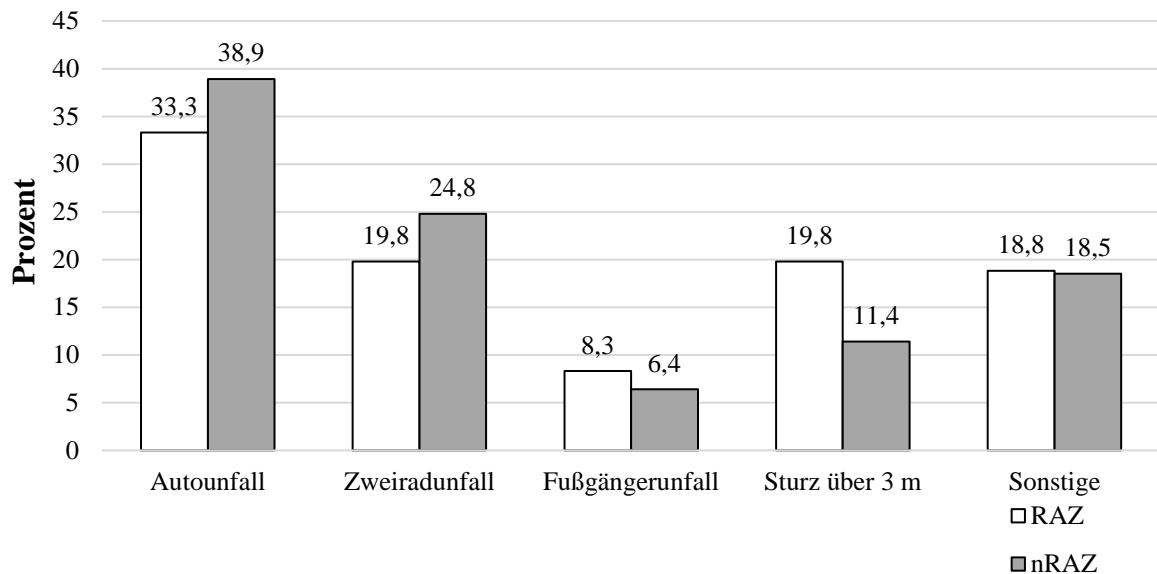


Abbildung 5: Population 1, Häufigkeitsvergleich der verschiedenen Unfallhergänge

Population 2

Ein leicht unterschiedliches Bild zeigte sich beim Vergleich der Gruppen TAG und NACHT. In der Gruppe NACHT war der Anteil der männlichen Patienten mit 77,0 % signifikant höher als in der Gruppe TAG mit 65,7 %, $p = 0,015$. Die penetrierende Traumaart war dagegen auch hier in beiden Gruppen vergleichbar selten mit insgesamt 3,1 % (TAG 2,2 %; NACHT 4,7 %; $p = 0,172$).

Unterschiede zeigten sich auch bei den Unfallhergängen. Zwar war auch hier der Autounfall insgesamt am häufigsten (41,2 %), doch war er nachts mit 53,9 % noch signifikant häufiger als am Tage mit 34,0 %, $p < 0,001$. An zweiter Stelle folgte auch hier der Zweiradunfall mit insgesamt 19,8 % (TAG 22,0 %; NACHT 15,8 %; $p = 0,124$). Am dritthäufigsten ereignete sich in dieser Population 2 der Sturz über drei Meter mit 16,0 % am Tage und 11,2 % in der Nacht. Signifikante Unterschiede gab es hier jedoch nicht, $p = 0,171$. Der Fußgängerunfall war in beiden Gruppen gleich oft vertreten mit insgesamt 7,1 %, $p = 0,955$. Die Unfallhergänge, die unter die Kategorie „Sonstige“ fallen, unterschieden sich signifikant zwischen TAG mit 20,9 % und NACHT mit 11,8 %, $p = 0,008$ (siehe Tabelle 4 und Abbildung 6).

	n(gesamt)	gesamt: %	n(TAG)	TAG: %	n(NACHT)	NACHT: %	p-Wert
Eingetroffen im SR	420	100 %	268	63,8 %	152	36,2 %	
männlich	293	69,8 %	176	65,7 %	117	77,0 %	0,015
Traumaart: penetrierend	13	3,1 %	6	2,2 %	7	4,7 %	0,172
Unfallhergang: Autounfall	173	41,2 %	91	34,0 %	82	53,9 %	< 0,001
Unfallhergang: Zweiradunfall	83	19,8 %	59	22,0 %	24	15,8 %	0,124
Unfallhergang: Fußgängerunfall	30	7,1 %	19	7,1 %	11	7,2 %	0,955
Unfallhergang: Sturz über 3m	60	14,3 %	43	16,0 %	17	11,2 %	0,171
Unfallhergang: Sonstiges	74	17,6 %	60	20,9 %	18	11,8 %	0,008

Tabelle 4: Population 2 (n = 420), Grundcharakteristiken und Häufigkeitsvergleich der verschiedenen Unfallhergänge;

SR: Schockraum, SD: standard deviation (Standardabweichung)

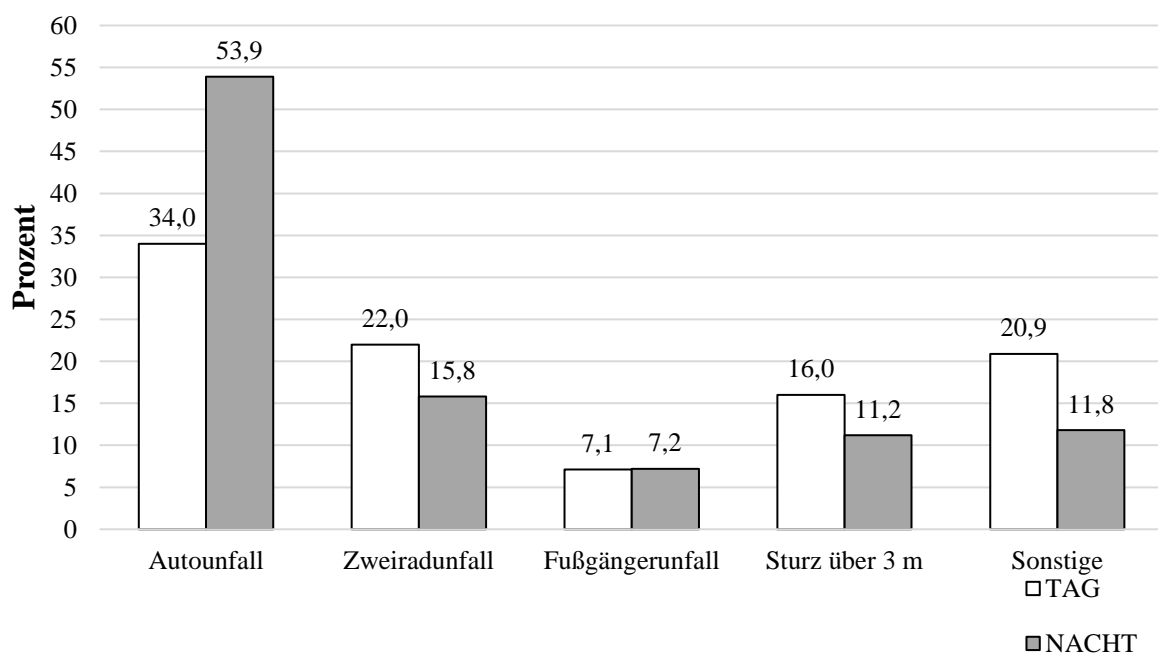


Abbildung 6: Population 2, Häufigkeitsvergleich der verschiedenen Unfallhergänge

3.1.3 Grad der Verletzungsschwere und Alter

Population 1

Das durchschnittliche Alter der während der RAZ eingelieferten Patienten betrug 40,8 ($\pm 21,0$) Jahre, verglichen mit 37,7 ($\pm 20,2$) Jahren der nRAZ-Patienten, $p = 0,278$. Mit durchschnittlichen ASA-Werten von $1,3 \pm 0,6$ und $1,4 \pm 0,6$ litten die Patienten sowohl während der RAZ, als auch nRAZ im Schnitt nur an geringen Vorerkrankungen, $p = 0,251$. Die durchschnittliche ISS betrug $32,5 \pm 14,3$ (RAZ $32,3 \pm 14,3$; nRAZ $32,6 \pm 14,4$; $p = 0,853$) und unterschied sich nicht signifikant. Ebenso offenbarte sich keine signifikante Differenz beim Vergleich des NISS (RAZ $40,2 \pm 16,5$; nRAZ $39,3 \pm 16,0$; $p = 0,675$). Auch bei den beiden Prognosescores für die Sterbewahrscheinlichkeit, TRISS und RISC, zeigten sich keine Unterschiede. Der TRISS gab eine etwas niedrigere Überlebenswahrscheinlichkeit für die Gruppen RAZ ($0,71 \pm 0,36$) und nRAZ ($0,72 \pm 0,33$) als der RISC-Score an. Dieser berechnete die Sterbewahrscheinlichkeit auf 28,4 % während der RAZ und 22,7 % während der nRAZ, $p = 0,327$.

	n(gesamt)	gesamt: $\bar{x} \pm SD$	n(RAZ)	RAZ: $\bar{x} \pm SD$	n(nRAZ)	nRAZ: $\bar{x} \pm SD$	p-Wert
Alter (a)	394	$38,5 \pm 20,4$	96	$40,8 \pm 21,0$	298	$37,7 \pm 20,2$	0,278
ASA	248	$1,3 \pm 0,6$	54	$1,3 \pm 0,6$	194	$1,4 \pm 0,6$	0,251
ISS	394	$32,5 \pm 14,3$	96	$32,3 \pm 14,3$	298	$32,6 \pm 14,4$	0,853
NISS	394	$39,5 \pm 16,1$	96	$40,2 \pm 16,5$	298	$39,3 \pm 16,0$	0,675
TRISS	302	$0,72 \pm 0,34$	75	$0,71 \pm 0,36$	227	$0,72 \pm 0,33$	0,923
RISC	388	$24,1 \pm 30,9$	95	$28,4 \pm 33,5$	293	$22,7 \pm 29,9$	0,327

Tabelle 5: Population 1 (n = 394), Alter, Vorerkrankungsschwere, Verletzungsschwere und Sterbewahrscheinlichkeit;

ASA: American Society of Anesthesiologists - Physical Status, ISS: Injury Severity Score, NISS: New Injury Severity Score, TRISS: Trauma Injury Severity Score, RISC: Revised Injury Severity Classification Score

Population 2

In der Population 2 zeigten sich zwischen den Gruppen TAG und NACHT signifikante Unterschiede in Bezug auf das Alter. So waren die Patienten am Tag mit $43,6 \pm 22,3$ Jahren älter als die in der Nacht ($33,3 \pm 16,6$ Jahre), $p < 0,001$. Die älteren Patienten am Tag waren, wie der ASA zeigt, auch signifikant schwerer vorerkrankt (TAG $1,41 \pm 0,66$; NACHT $1,19 \pm 0,46$; $p = 0,003$). Dafür wiesen sie einen geringeren ISS mit $31,1 \pm 14,2$, gegenüber den Patienten der Gruppe NACHT mit $34,9 \pm 16,4$ auf, $p = 0,015$. Der NISS unterschied sich hingegen nicht signifikant (TAG $37,9 \pm 16,4$; NACHT $40,2 \pm 17,0$; $p = 0,196$). Die Prognosescores für die Sterbewahrscheinlichkeit zeigten keine Unterschiede. Weder der TRISS (TAG $0,725 \pm 0,347$; NACHT $0,704 \pm 0,368$; $p = 0,963$), noch der RISC war in der Gruppe TAG ($25,6 \pm 31,7$) oder NACHT ($24,5 \pm 32,0$) signifikant unterschiedlich, $p = 0,978$.

	n(gesamt)	gesamt: Ø ± SD	n(TAG)	TAG: Ø ± SD	n(NACHT)	NACHT: Ø ± SD	p-Wert
Alter (a)	420	$39,9 \pm 21,0$	268	$43,6 \pm 22,3$	152	$33,3 \pm 16,6$	< 0,001
ASA	312	$1,32 \pm 0,60$	192	$1,41 \pm 0,66$	120	$1,19 \pm 0,46$	0,003
ISS	420	$32,5 \pm 15,1$	268	$31,1 \pm 14,2$	152	$34,9 \pm 16,4$	0,015
NISS	420	$38,7 \pm 16,6$	268	$37,9 \pm 16,4$	152	$40,2 \pm 17,0$	0,196
TRISS	300	$0,72 \pm 0,35$	203	$0,73 \pm 0,35$	97	$0,70 \pm 0,37$	0,963
RISC	419	$25,2 \pm 31,8$	267	$25,6 \pm 31,7$	152	$24,5 \pm 32,0$	0,978

Tabelle 6: Population 2 (n = 420), Alter, Vorerkrankungsschwere, Verletzungsschwere und Sterbewahrscheinlichkeit;

ASA: American Society of Anesthesiologists - Physical Status, ISS: Injury Severity Score, NISS: New Injury Severity Score, TRISS: Trauma Injury Severity Score, RISC: Revised Injury Severity Classification Score

3.2 Präklinische Versorgung

Population 1

Zum Beginn der Behandlung des Patienten am Unfallort zeigte sich zwischen RAZ und nRAZ bezüglich des neurologischen Status kein Unterschied. In beiden Gruppen wurden den Patienten im Schnitt $10,0 \pm 4,7$ Punkte der GCS zugeordnet, $p = 0,964$. Auch die Vitalparameter, wie die Herzfrequenz (HF) mit $92,3 \pm 35,8$ Schläge/Minute während der RAZ und $94,7 \pm 28,7$ Schläge/Minute während der nRAZ, $p = 0,587$, oder dem systolischen Blutdruck (RAZ $105,6 \pm 42,9$ mmHg; nRAZ $110,0 \pm 38,5$ mmHg; $p = 0,419$) unterschieden sich nicht signifikant. Daraus errechnete sich insgesamt ein durchschnittlicher Schockindex von $0,95 \pm 0,43$, welcher sich zwischen RAZ ($0,95 \pm 0,43$) und nRAZ ($0,95 \pm 0,43$) nicht unterschied, $p = 0,946$. Ein gleiches Bild zeigte ich bei der Betrachtung der Sauerstoffsättigung, welche im Schnitt $90,4 \pm 15,6$ % betrug. Die Differenz zwischen der RAZ-Gruppe ($88,6 \pm 19,9$ %) und der nRAZ-Gruppe ($91,0 \pm 14,0$ %) war nicht signifikant.

	n(gesamt)	gesamt: Ø ± SD	n(RAZ)	RAZ: Ø ± SD	n(nRAZ)	nRAZ: Ø ± SD	p- Wert
Initialer GCS	323	$10,0 \pm 4,7$	80	$10,0 \pm 4,7$	243	$10,0 \pm 4,7$	0,964
HF präklinisch (1/min)	315	$94,1 \pm 30,6$	79	$92,3 \pm 35,8$	236	$94,7 \pm 28,7$	0,587
RR präklinisch (sys, mmHg)	311	$108,9 \pm 39,6$	77	$105,6 \pm 42,9$	234	$110,0 \pm 38,5$	0,419
Schockindex präklinisch	295	$0,95 \pm 0,43$	71	$0,95 \pm 0,43$	224	$0,95 \pm 0,43$	0,946
SpO₂ präklinisch (%)	290	$90,4 \pm 15,6$	68	$88,6 \pm 19,9$	222	$91,0 \pm 14,0$	0,693
Zeit Unfall bis Eintreffen NA	276	$20,1 \pm 13,8$	72	$21,1 \pm 14,7$	204	$19,7 \pm 13,5$	0,441
Zeit Eintreffen NA bis Aufnahme	287	$64,1 \pm 25,5$	73	$63,1 \pm 20,3$	214	$64,4 \pm 27,1$	0,832
Zeit von Unfall bis Aufnahme	328	$89,8 \pm 37,1$	81	$83,6 \pm 26,3$	247	$91,8 \pm 39,9$	0,367

Tabelle 7: Population 1 (n = 394), Vergleich von präklinischen Parametern und präklinischen Zeitspannen
GCS: Glasgow Coma Scale, HF: Herzfrequenz, RR: Blutdruck, NA: Notarzt

Die Zeitspannen der Präklinik waren alle vergleichbar. So war die Zeit von Unfall bis zum Eintreffen des Notarztes in beiden Gruppen annähernd gleich (RAZ $21,1 \pm 14,7$ Minuten; nRAZ $19,7 \pm 13,5$ Minuten; $p = 0,441$). Ebenso verhielt es sich mit der Zeitspanne von Eintreffen des Notarztes bis zur Aufnahme des Patienten in der Klinik mit $63,1 \pm 20,3$ Minuten während der RAZ und $64,4 \pm 27,1$ Minuten während der nRAZ, $p = 0,832$. Dementsprechend konnte auch keine Differenz in der Zeitspanne von Unfall bis zur Aufnahme in der Klinik aufgezeigt werden. Die Gruppe der RAZ Patienten mit $83,6 \pm 26,3$ Minuten unterschied sich nicht signifikant von der nRAZ-Gruppe mit $91,8 \pm 39,9$ Minuten, $p = 0,367$. Zu beachten ist hierbei, dass die Zeitspanne von Unfall bis zur Klinik nicht der Summe aus den anderen beiden Zeitspannen entspricht, da die Zeit des Eintreffens des Notarztes nicht in allen Fällen verfügbar war.

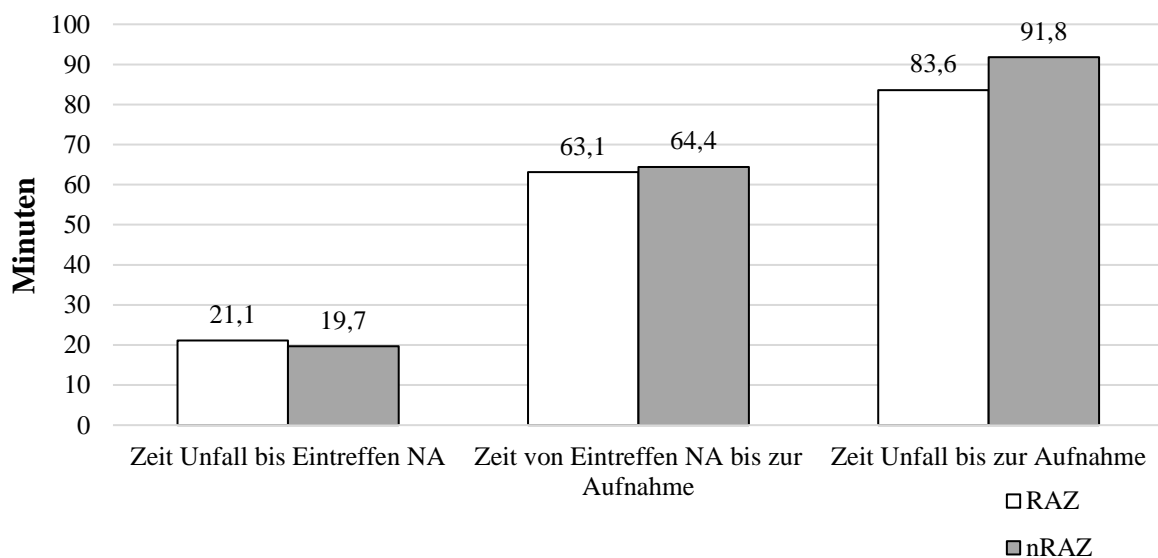


Abbildung 7: Population 1, Vergleich der präklinischen Zeitspannen; NA: Notarzt

Der Anteil der Patienten mit einer Bradykardie ($HF \leq 60/\text{Minute}$) zeigte in beiden Gruppen keine signifikante Differenz (RAZ 13,9 %; nRAZ 9,3 %; $p = 0,248$).

Insgesamt waren 16,0 % der Patienten im Schock mit einem Blutdruck (RR) von ≤ 90 mmHg beim Eintreffen im Schockraum. Ein Unterschied zwischen den Gruppen zeigte sich nicht (RAZ 21,1 %; nRAZ 14,4 %; $p = 0,124$). Patienten mit einer Sauerstoffsättigung kleiner gleich 90 % wichen von der Anzahl in beiden Gruppen nicht voneinander ab (RAZ 30,9 %; nRAZ 31,1 %), $p = 0,975$ (siehe Tabelle 8).

	n(gesamt)	gesamt: %	n(RAZ)	RAZ: %	n(nRAZ)	nRAZ: %	p-Wert
HF \leq 60/min präklinisch	33	10,5 %	11	13,9 %	22	9,3 %	0,248
RR sys. \leq 90 mmHg präklinisch	98	31,5 %	29	37,7 %	69	29,5 %	0,180
SpO2 \leq 90 % präklinisch	90	31,0 %	21	30,9 %	69	31,1 %	0,975
Luftgebundene Zubringung	232	58,8 %	65	67,7 %	167	56,0 %	0,025
Präklinische Intubation	286	72,6 %	67	69,8 %	219	73,5 %	0,450

Tabelle 8: Population 1 (n = 394), Vergleich von präklinischen Parametern

HF: Herzfrequenz, RR: Blutdruck

Während der nRAZ war der Anteil der luftgebundenen Patientenzubringung mit 56,0 %, verglichen mit 67,7 % während der RAZ, signifikant niedriger, p = 0,025.

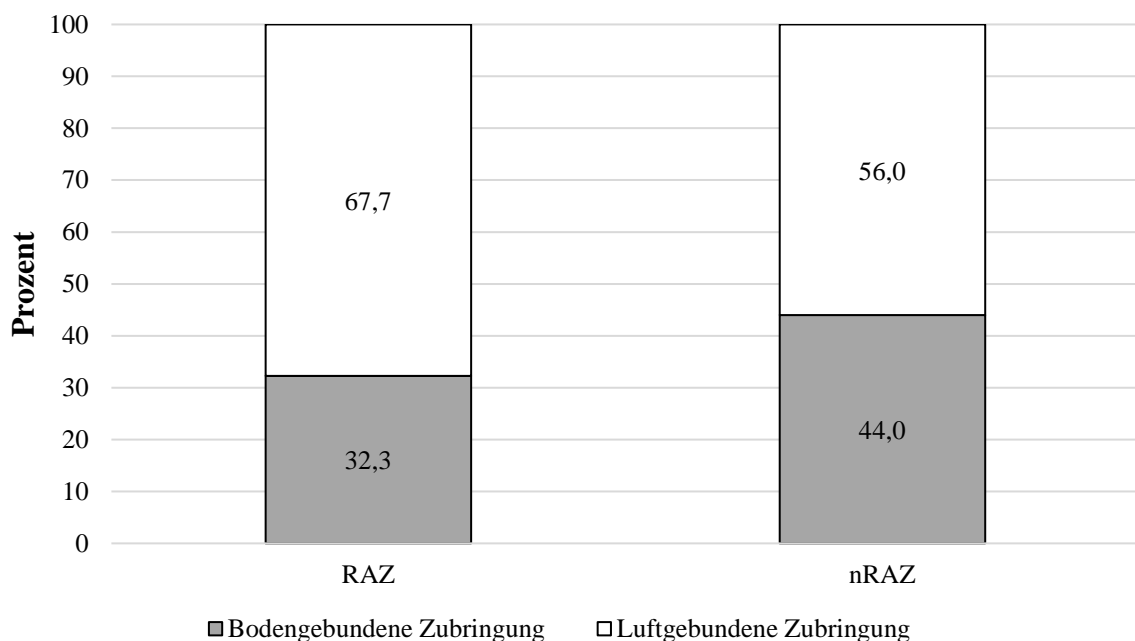


Abbildung 8: Population 1, Vergleich der Zubringungsarten

Bei der Zahl der präklinischen Intubationen hingegen zeigte sich kein signifikanter Unterschied (RAZ 69,8 %; nRAZ 73,5 %; $p = 0,124$).

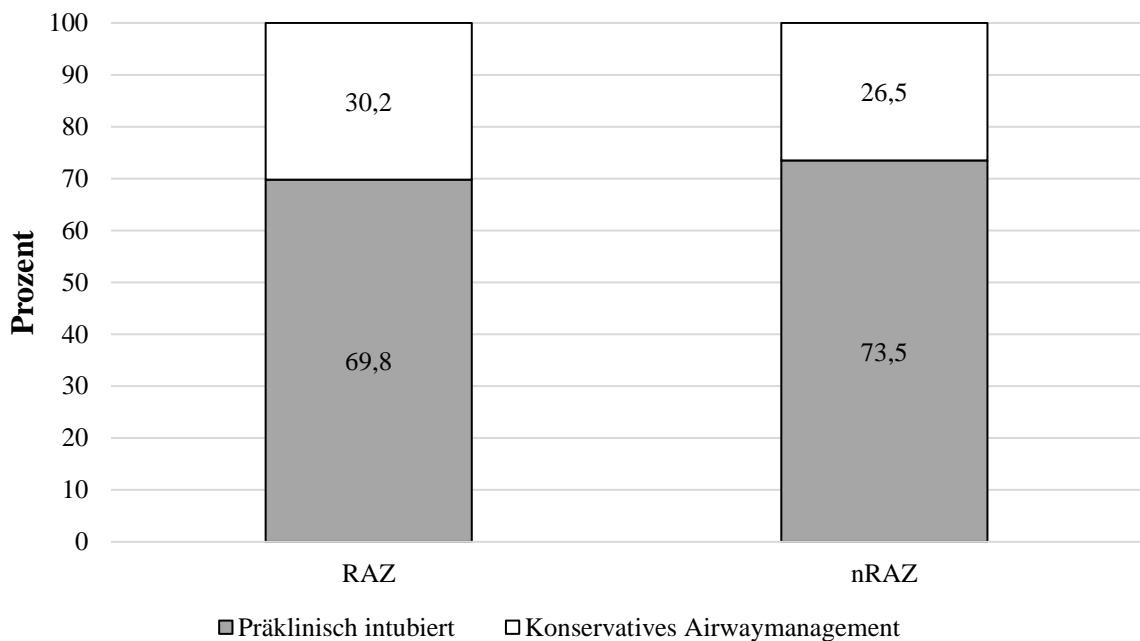


Abbildung 9: Population 1, Vergleich des Airwaymanagements

Population 2

In der Population 2 stellten sich andere Ergebnisse als in der Population 1 für die präklinischen Parameter dar. Zwar war die GCS (TAG $10,4 \pm 4,6$; NACHT $9,7 \pm 4,8$; $p = 0,173$) und die HF (TAG $92,7 \pm 31,7$ Schläge/Minute; NACHT $95,8 \pm 30,5$ Schläge/Minute; $p = 0,389$) auch hier in beiden Gruppen vergleichbar hoch, doch beim präklinischen Blutdruck zeigte sich ein Unterschied. Die Gruppe der TAG-Patienten ($113,5 \pm 42,5$ mmHg) konnte einen signifikant höheren systolischen Blutdruck aufweisen, als die NACHT-Gruppe mit $104,2 \pm 36,8$ mmHg, $p = 0,030$. Dadurch unterschied sich auch der Schockindex zwischen beiden Gruppen signifikant. Dieser lag am Tage bei $0,90 \pm 0,43$, während er in der Nacht $1,01 \pm 0,51$ betrug, $p = 0,034$. Die Sauerstoffsättigung wies jedoch keine signifikante Differenz auf (TAG $89,0 \pm 17,7$ %; NACHT $91,4 \pm 10,0$ %; $p = 0,820$) (siehe Tabelle 9).

	n(gesamt)	gesamt: Ø ± SD	n(TAG)	TAG: Ø ± SD	n(NACHT)	NACHT: Ø ± SD	p-Wert
Initialer GCS	344	10,1 ± 4,7	230	10,4 ± 4,6	114	9,7 ± 4,8	0,173
HF präklinisch (1/min)	337	93,7 ± 31,3	227	92,7 ± 31,7	110	95,8 ± 30,5	0,389
RR präklinisch (sys, mmHg)	330	110,5 ± 40,9	221	113,5 ± 42,5	109	104,2 ± 36,8	0,030
Schockindex präklinisch	314	0,93 ± 0,46	210	0,90 ± 0,43	104	1,01 ± 0,51	0,034
SpO₂ präklinisch (%)	300	89,8 ± 15,6	200	89,0 ± 17,7	100	91,4 ± 10,0	0,820
Zeit Unfall bis Eintreffen NA	253	19,2 ± 14,4	169	18,2 ± 11,6	84	21,3 ± 18,8	0,647
Zeit von Eintreffen NA bis Aufnahme	270	63,0 ± 26,1	183	59,0 ± 22,6	87	71,6 ± 30,8	0,001
Zeit von Unfall bis Aufnahme	310	86,1 ± 36,8	201	77,5 ± 25,2	109	102,0 ± 48,0	< 0,001

Tabelle 9: Population 2 (n = 420), Vergleich von präklinischen Parametern
GCS: Glasgow Coma Scale, HF: Herzfrequenz, RR: Blutdruck, NA: Notarzt

Auch bei den präklinischen Zeitspannen offenbarten sich Unterschiede. Während die Zeit zwischen Unfall und Eintreffen des Notarztes keine Unterschiede zwischen Tag und Nacht aufwies, konnte bei der Zeit vom Eintreffen des Notarztes bis zur Aufnahme in der Klinik und der Gesamtdauer vom Unfallzeitpunkt bis zur Aufnahme eine signifikante Differenz nachgewiesen werden. Erstere unterschied sich um ca. 12 Minuten (TAG 59,0 ± 22,6 Minuten; NACHT 71,6 ± 30,8 Minuten), p = 0,001. Letztere zeigte sogar eine Differenz von 24,5 Minuten. In der Gruppe TAG wurden 77,5 ± 25,2 Minuten benötigt, während es in der NACHT-Gruppe 102,0 ± 48,0 Minuten nach dem Unfall dauerte, bis der Patient im Krankenhaus ankam, p < 0,001 (siehe Abbildung 10).

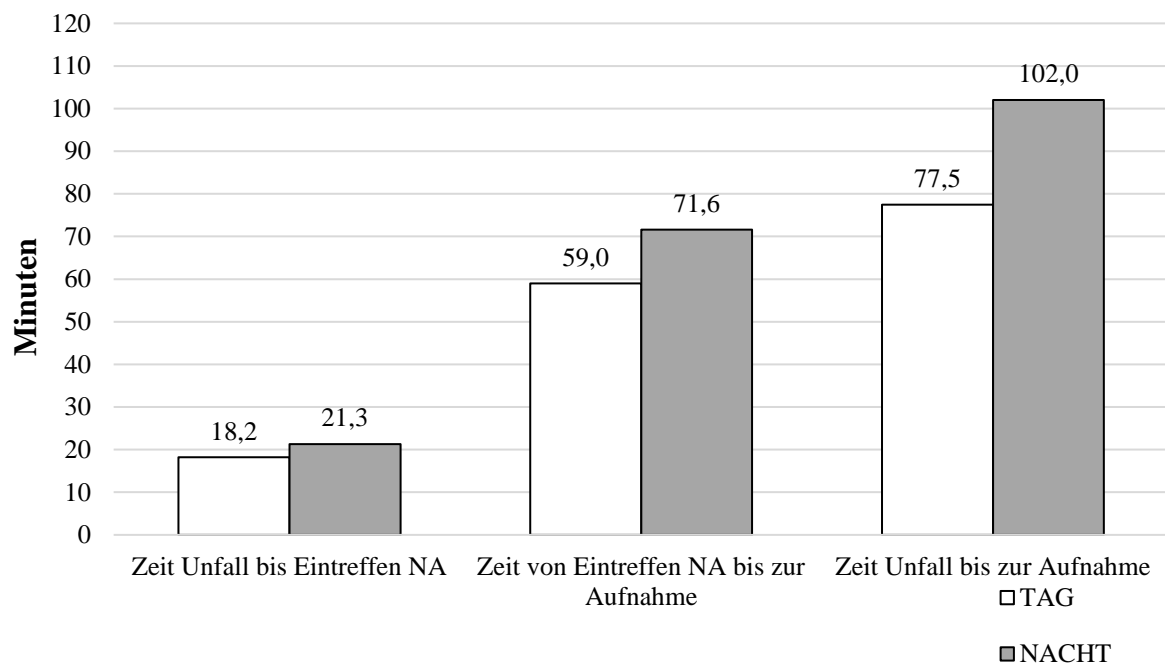


Abbildung 10: Population 2, Vergleich der präklinischen Zeitspannen; NA: Notarzt

Während des Tages waren mit 11,9 % nicht signifikant weniger Patienten bradykard, als während der Nacht mit 10,0 %, $p = 0,606$. Insgesamt deutlich mehr Patienten (29,7 %) stellten sich bei der ersten Blutdruckmessung durch den Notarzt hypoton ($RR \leq 90$ mmHg) dar. Zwischen den Gruppen zeigte sich kein signifikanter Unterschied (TAG 28,1 %; NACHT 33,0 %), $p = 0,352$. Der Anteil der Patienten mit einer Sauerstoffsättigung unter 90 % lag in beiden Gruppen gleichauf. So litten in der TAG-Gruppe 34,0 % an einer Hypoxämie und 35,0 % der NACHT-Gruppe, $p = 0,863$.

	n(gesamt)	gesamt: %	n(TAG)	TAG: %	n(NACHT)	NACHT: %	p-Wert
HF ≤ 60 /min präklinisch	38	11,3 %	27	11,9 %	11	10,0 %	0,606
RR sys. ≤ 90 mmHg präklinisch	98	29,7 %	62	28,1 %	36	33,0 %	0,352
SpO2 ≤ 90 % präklinisch	103	34,3 %	68	34,0 %	35	35,0 %	0,863
Luftgebundene Zubringung	238	68,4 %	169	72,8 %	69	59,5 %	0,011
Präklinische Intubation	290	69,5 %	173	65,3 %	117	77,0 %	0,013

Tabelle 10: Population 2 (n = 420), Vergleich von präklinischen Parametern
HF: Herzfrequenz, RR: Blutdruck

Unterschiede hingegen gab es beim Anteil der per Hubschrauber zugebrachten Patienten (insgesamt 68,4 %): Dieser war am Tag mit 72,8 % signifikant höher als während der Nacht mit 59,5 %, $p = 0,011$.

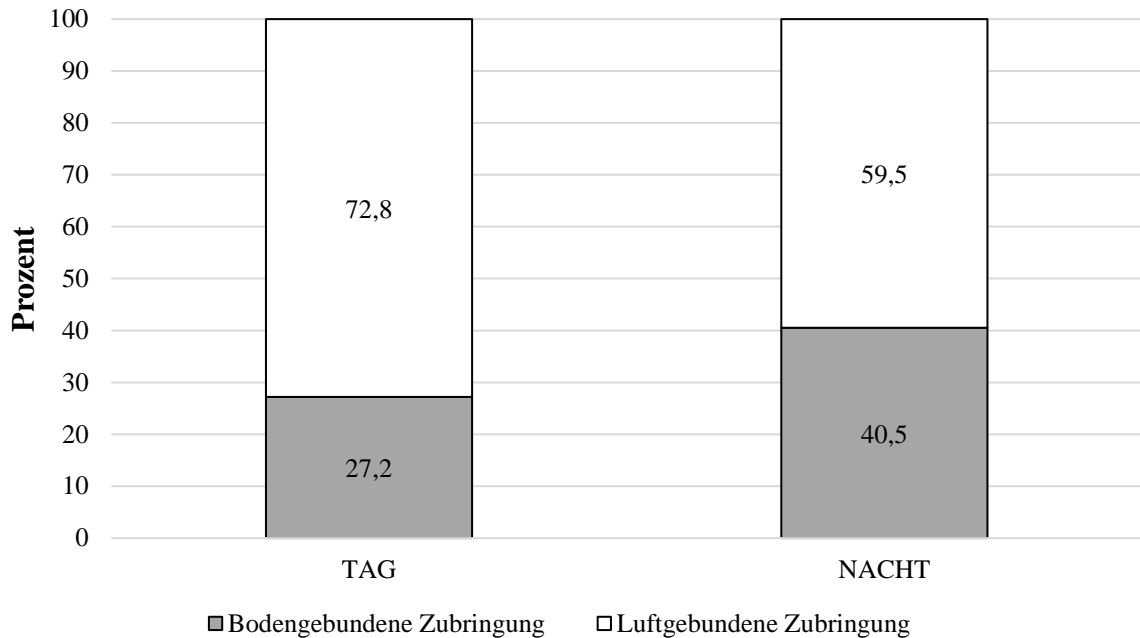


Abbildung 11: Population 2, Vergleich der Zubringungsarten

Auch zeigten sich signifikante Unterschiede in Bezug auf die präklinische Intubation. Am Tag wurden 65,3 % der Patienten intubiert, während diese Maßnahme in der NACHT-Gruppe bei 77,0 % der Patienten durchgeführt wurde, $p = 0,013$.

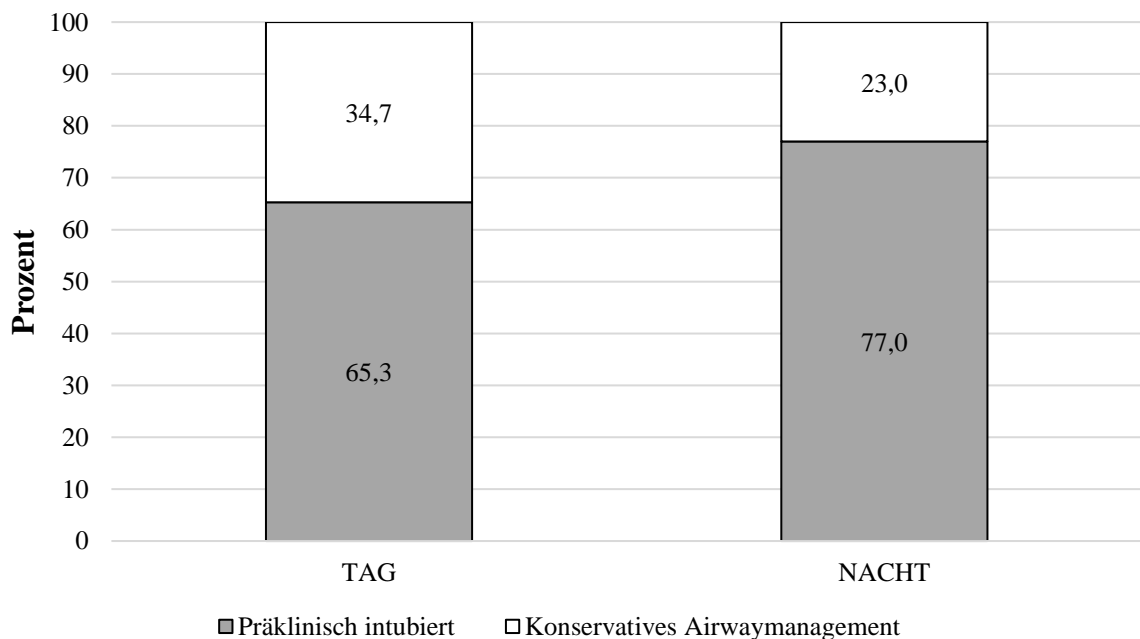


Abbildung 12: Population 2, Vergleich des Airwaymanagements

3.3 Zustand des Patienten bei Eintreffen im Schockraum

Population 1

Nach den präklinischen Daten folgen die mit dem Eintreffen des Patienten in der Notaufnahme erhobenen Parameter. Dabei offenbarten sich keine signifikanten Differenzen zwischen der RAZ und nRAZ, sowohl bezüglich der Körperkerntemperatur (RAZ $35,8 \pm 1,2$ °C; nRAZ $35,9 \pm 1,3$ °C; $p = 0,149$), der Herzfrequenz (RAZ $90,1 \pm 22,5$ Schläge/Minute; nRAZ $89,9 \pm 23,2$ Schläge/Minute; $p = 0,952$) und dem Blutdruck (RAZ $116,5 \pm 32,2$ mmHg; nRAZ $119,7 \pm 32,0$ mmHg; $p = 0,391$). Daraus folgten auch keine signifikanten Unterschiede bezüglich des Schockindexes. Dieser lag während der RAZ bei $0,85 \pm 0,41$ und während der nRAZ bei $0,79 \pm 0,31$, $p = 0,495$. Auch die Sauerstoffsättigung der Patienten unterschied sich nicht zwischen der RAZ mit $97,0 \pm 5,5$ % und der nRAZ mit $96,6 \pm 9,9$ %, $p = 0,557$.

	n(gesamt)	gesamt: Ø ± SD	n(RAZ)	RAZ: Ø ± SD	n(nRAZ)	nRAZ: Ø ± SD	p- Wert
Körpertemperatur bei Eintreffen in SR (°C)	333	$35,9 \pm 1,3$	82	$35,8 \pm 1,2$	251	$35,9 \pm 1,3$	0,149
HF bei Eintreffen in SR (1/min)	388	$89,9 \pm 23,0$	95	$90,1 \pm 22,5$	293	$89,9 \pm 23,2$	0,952
RR bei Eintreffen in SR (sys, mmHg)	387	$118,9 \pm 32,1$	95	$116,5 \pm 32,2$	292	$119,7 \pm 32,0$	0,391
Schockindex bei Eintreffen in SR	380	$0,81 \pm 0,33$	94	$0,85 \pm 0,41$	286	$0,79 \pm 0,31$	0,495
SpO₂ bei Eintreffen in SR (%)	380	$96,7 \pm 9,0$	93	$97,0 \pm 5,5$	287	$96,6 \pm 9,9$	0,557

Tabelle 11: Population 1 (n = 394), Vergleich der Parameter und Eigenschaften der Patienten bei Eintreffen; SR: Schockraum, HF: Herzfrequenz, RR: Blutdruck

Während der RAZ waren mit 7,4 % nicht signifikant mehr Patienten bradykard ($HF \leq 60$ /Minute), als während der nRAZ mit 6,1 %, $p = 0,606$. Auch der Anteil der Patienten mit einer Hypotonie bei der ersten Messung im Schockraum lag während der RAZ mit 21,1 % nicht signifikant höher als während der nRAZ mit 14,4%, $p = 0,124$. Während der RAZ wurden nicht signifikant mehr Patienten mit einer Sauerstoffsättigung kleiner gleich 90 % eingeliefert (RAZ 10,8 %; nRAZ 8,0 %; $p = 0,415$) (siehe Tabelle 12).

	n(gesamt)	gesamt: %	n(RAZ)	RAZ: %	n(nRAZ)	nRAZ: %	p-Wert
HF \leq 60 /min bei Eintreffen in SR	25	6,4 %	7	7,4 %	18	6,1 %	0,673
RR sys. \leq 90 mmHg bei Eintreffen in SR	62	16,0 %	20	21,1 %	42	14,4 %	0,124
SpO2 \leq 90 % bei Eintreffen in SR	33	8,7 %	10	10,8 %	23	8,0 %	0,415

Tabelle 12: Population 1 (n = 394), Vergleich der Parameter und Eigenschaften der Patienten bei Eintreffen; SR: Schockraum, HF: Herzfrequenz, RR: Blutdruck

Population 2

Im Gegensatz zur Population 1 wurde ein signifikanter Unterschied der Körpertemperatur bei Aufnahme zwischen der TAG-Gruppe mit $36,0 \pm 1,2$ °C und der NACHT-Gruppe mit $35,7 \pm 1,4$ °C offensichtlich, $p = 0,038$. Bezüglich der HF (TAG $89,6 \pm 24,7$ Schläge/Minute; NACHT $91,3 \pm 22,5$ Schläge/Minute; $p = 0,376$), dem Blutdruck (TAG $118,5 \pm 35,4$ mmHg; NACHT $117,9 \pm 32,7$ mmHg; $p = 0,391$), dem Schockindex (TAG $0,82 \pm 0,37$; NACHT $0,83 \pm 0,36$; $p = 0,398$) und der Sauerstoffsättigung (TAG $96,2 \pm 9,2$ %; NACHT $95,3 \pm 12,7$ %; $p = 0,166$) beim Eintreffen im SR verhielten sich die TAG- und NACHT-Patienten ebenso wie die RAZ- und nRAZ-Patienten. Hier zeigte sich kein relevanter Unterschied (siehe Tabelle 13).

	n(gesamt)	gesamt: Ø ± SD	n(TAG)	TAG: Ø ± SD	n(NACHT)	NACHT: Ø ± SD	p- Wert
Körpertemperatur bei Eintreffen in SR (°C)	366	35,9 ± 1,3	233	36,0 ± 1,2	133	35,7 ± 1,4	0,038
HF bei Eintreffen in SR (1/min)	416	90,2 ± 23,9	266	89,6 ± 24,7	150	91,3 ± 22,5	0,376
RR bei Eintreffen in SR (sys, mmHg)	414	118,3 ± 34,4	265	118,5 ± 35,4	149	117,9 ± 32,7	0,551
Schockindex bei Eintreffen in SR	407	0,82 ± 0,36	260	0,82 ± 0,37	147	0,83 ± 0,36	0,398
SpO₂ bei Eintreffen in SR (%)	405	95,9 ±	258	96,2 ± 9,2	147	95,3 ± 12,7	0,166

Tabelle 13: Population 2 (n = 420), Vergleich der Parameter und Eigenschaften der Patienten bei Eintreffen; SR: Schockraum, HF: Herzfrequenz, RR: Blutdruck

Die Anteile der Patienten, die bei Ankunft im Schockraum an Bradykardie (TAG 6,4 %; NACHT 6,7 %; p = 0,913, Hypotonie (TAG 19,2 %; NACHT 15,4 %; p = 0,332) oder Hypoxie (TAG 11,2 %; NACHT 12,9 %; p = 0,614) litten, zeigten keine wesentlichen Unterschiede zwischen den Gruppen. Damit verhielt sich die Population 2 entsprechend der Population 1.

	n(gesamt)	gesamt: %	n(TAG)	TAG: %	n(NACHT)	NACHT: %	p-Wert
HF ≤ 60 /min bei Eintreffen in SR	27	6,5 %	17	6,4 %	10	6,7 %	0,913
RR sys. ≤ 90 mmHg bei Eintreffen in SR	74	17,9 %	51	19,2 %	23	15,4 %	0,332
SpO₂ ≤ 90 % bei Eintreffen in SR	48	11,9 %	29	11,2 %	19	12,9 %	0,614

Tabelle 14: Population 2 (n = 420), Vergleich der Parameter und Eigenschaften der Patienten bei Eintreffen; SR: Schockraum, HF: Herzfrequenz, RR: Blutdruck

3.4 Analyse der Behandlungsabläufe

Population 1

Untersucht wurden die häufigsten Interventionen (wie z.B. ZVK-Anlage) im Schockraum und die zeitliche Dauer der verschiedenen Behandlungsabschnitte.

Die durchschnittliche Zeit, die ein Patient im Schockraum bis zur weiteren Verlegung verbrachte, betrug $62,7 \pm 28,4$ Minuten. Dabei wurden für die RAZ ($63,9 \pm 29,7$ Minuten) und für die nRAZ ($62,3 \pm 28,0$ Minuten) im Durchschnitt vergleichbare Zeitdauern gemessen, $p = 0,700$.

Die erste gemessene Zeitspanne war die von Eintreffen des Patienten im Schockraum bis zu dem Zeitpunkt, an welchem der Patient mit einer Sonographie nach der FAST-Methode untersucht wurde. Beide Gruppen von Patienten unterschieden sich hierbei statistisch nicht signifikant (RAZ $5,7 \pm 3,0$ Minuten; nRAZ $6,1 \pm 4,9$ Minuten; $p = 0,763$).

Die zweite erfasste Zeitspanne war die vom Eintreffen bis zum Beginn des CT-Scans. Hier zeigte sich zwischen der RAZ und der nRAZ ebenso kein signifikanter Unterschied mit $28,5 \pm 18,7$ Minuten, bzw. $27,3 \pm 9,5$ Minuten, $p = 0,637$.

Auch die für eine Intubation in Anspruch genommene Zeit zeigte keine signifikanten Differenzen (RAZ $2,8 \pm 2,2$ Minuten; nRAZ $4,2 \pm 4,4$ Minuten; $p = 0,460$). Ebenso zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen RAZ und nRAZ bezüglich der durchschnittlichen Zeit, die zum Legen eines arteriellen Zugangs benötigt wurde (RAZ $4,8 \pm 3,9$ Minuten; nRAZ $4,9 \pm 3,4$ Minuten; $p = 0,496$). Vergleichbar verhielt es sich mit der durchschnittlich benötigten Zeit für das Legen eines peripheren Venenkatheters (RAZ $1,8 \pm 0,9$ Minuten; nRAZ $1,8 \pm 1,4$ Minuten; $p = 0,757$) und eines zentralen Venenkatheters (ZVK) (RAZ $6,0 \pm 5,6$ Minuten; nRAZ $7,7 \pm 5,5$ Minuten; $p = 0,084$).

Des Weiteren gab es keinen signifikanten Unterschied bei der Zeit für die Einbringung eines Blasenkatheters zwischen RAZ und nRAZ mit $2,2 \pm 1,9$ Minuten, bzw. $2,0 \pm 1,2$ Minuten, $p = 0,846$ und der Extremitätenschienung mit $4,2 \pm 3,9$ Minuten, bzw. $4,1 \pm 3,3$ Minuten, $p = 0,658$ (siehe Abbildung 14).

Die von den Notärzten auf den Fragebögen gegebenen Noten waren insgesamt sehr gut. In der Kategorie „Betriebsbereitschaft Schockraum“ wurden während der nRAZ (1,04) signifikant bessere Noten als während der RAZ (1,13) vergeben, $p = 0,013$.

	n(gesamt)	gesamt: Ø ± SD	n(RAZ)	RAZ: Ø ± SD	n(nRAZ)	nRAZ: Ø ± SD	p- Wert
Zeit bis FAST (min)	314	6,0 ± 4,5	78	5,7 ± 3,0	236	6,1 ± 4,9	0,763
Zeit bis CT (min)	351	27,6 ± 12,4	86	28,5 ± 18,7	265	27,3 ± 9,5	0,637
Gesamte SR-Dauer (min)	375	62,7 ± 28,4	93	63,9 ± 29,7	282	62,3 ± 28,0	0,700
Intubation (min)	22	4,0 ± 4,0	4	2,8 ± 2,2	18	4,2 ± 4,4	0,460
Arterieller Zugang (min)	220	4,9 ± 3,6	59	4,8 ± 3,9	161	4,9 ± 3,4	0,496
ZVK (min)	54	7,2 ± 5,5	15	6,0 ± 5,6	39	7,7 ± 5,5	0,084
Peripherer Zugang (min)	66	1,8 ± 1,3	12	1,8 ± 0,9	54	1,8 ± 1,4	0,757
Thoraxdrainage (min)	19	7,4 ± 4,3	5	10,4 ± 6,5	14	6,3 ± 2,7	0,243
Extremitäten-schienung (min)	89	4,1 ± 3,4	23	4,2 ± 3,9	66	4,1 ± 3,3	0,658
Blasenkatheter (min)	229	2,1 ± 1,4	51	2,2 ± 1,9	178	2,0 ± 1,2	0,846

Tabelle 15: Population 1 (n = 394), Vergleich von Schockraumübersichtszeiten und Dauer von einzelnen Interventionen;

FAST: Focused Assessment with Sonography for Trauma, SR: Schockraum, ZVK: Zentraler Venenkatheter

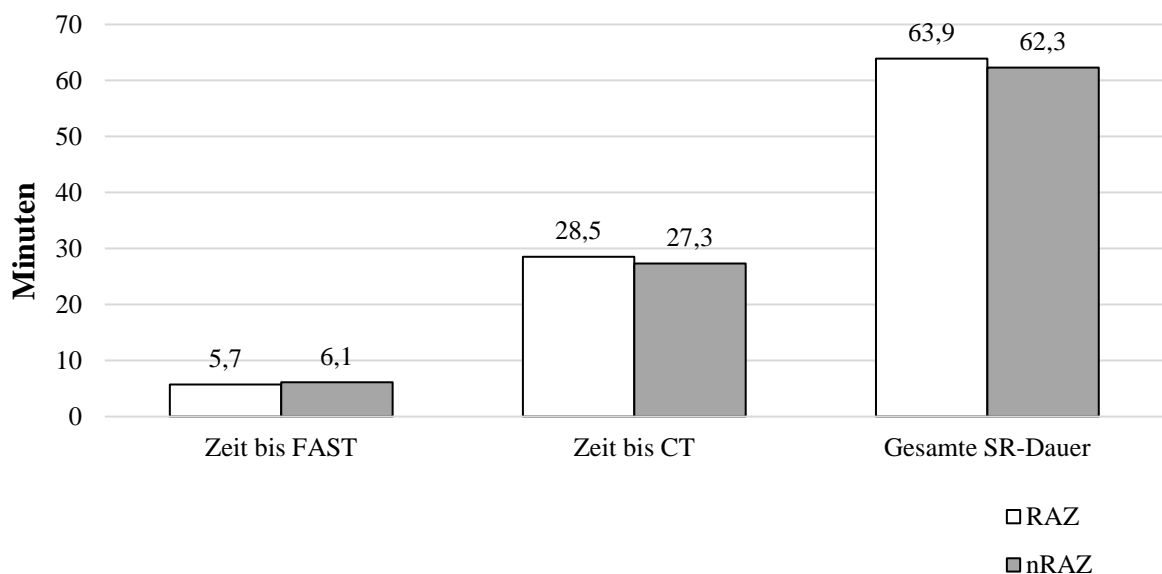


Abbildung 13: Population 1, Vergleich der Schockraumübersichtszeiten;

FAST: Focused Assessment with Sonography for Trauma, CT: Computertomographie, SR: Schockraum

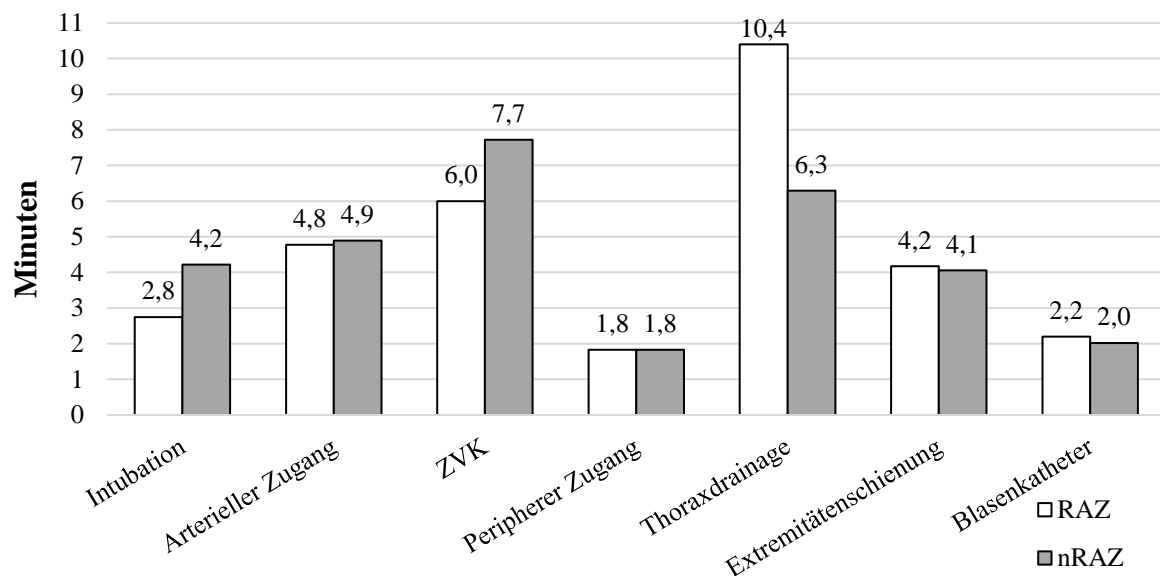


Abbildung 14: Population 1, Vergleich der Zeitdauern einzelner Interventionen;
ZVK: Zentraler Venenkatheter

Des Weiteren wurde ein Vergleich der Anzahl der durchgeführten Maßnahmen vorgenommen. Der Anteil der Patienten, die im Laufe der Schockraumphase intubiert wurden, unterschied sich nicht wesentlich. Während der Regelarbeitszeit wurden 4,3 % der Patienten intubiert, während der nicht-Regelarbeitszeit 6,0 % intubiert wurden, $p = 0,487$. Auch der Vergleich der Häufigkeit der Anlagen eines arteriellen Zuganges offenbart keine signifikanten Unterschiede (RAZ 61,5 %; nRAZ 54,0 %), $p = 0,202$. Bei 15,6 % der RAZ-Patienten wurde ein ZVK eingebracht. Bei den nRAZ-Patienten geschah das in 13,1 % der Fälle, $p = 0,529$. Zwar wurden in der RAZ-Gruppe mit 12,5 % bei weniger Patienten als bei der nRAZ-Gruppe (18,1 %) ein peripherer Zugang eingebracht, doch wird dieser Unterschied nicht signifikant, $p = 0,200$. Die Anlage einer Thoraxdrainage erfolgte mit 5,2 % (RAZ) und 4,7 % (nRAZ) in beiden Gruppen relativ selten, $p = 0,542$. Eine Schienung der Extremitäten war insgesamt im Durchschnitt bei 22,6 % der Patienten erforderlich. Ein deutlicher Unterschied zwischen RAZ (24,0%) und nRAZ (22,1 %) zeigte sich nicht, $p = 0,712$. Der zumeist von der Pflege eingebrachte Blasenkatheter wurde in beiden Gruppen in mehr als der Hälfte der Fälle nötig (RAZ 53,1 %; nRAZ 59,7 %), $p = 0,254$. Eine Ganzkörper-Computertomographie wurde sehr häufig durchgeführt und zeigt in der Häufigkeit keine Unterschiede zwischen den Gruppen RAZ mit 89,6% und nRAZ mit 89,9 % der Patienten, $p = 0,921$ (siehe Tabelle 16).

	n(gesamt)	gesamt: %	n(RAZ)	RAZ: %	n(nRAZ)	nRAZ: %	p-Wert
Intubation	22	5,6 %	4	4,2 %	18	6,0 %	0,487
Arterieller Zugang	220	55,8 %	59	61,5 %	161	54,0 %	0,202
ZVK	54	13,7 %	15	15,6 %	39	13,1 %	0,529
Peripherer Zugang	66	16,8 %	12	12,5 %	54	18,1 %	0,200
Thoraxdrainage	19	4,8 %	5	5,2 %	14	4,7 %	0,542
Extremitätenschienung	89	22,6 %	23	24,0 %	66	22,1 %	0,712
Blasenkatheter	229	58,1 %	51	53,1 %	178	59,7 %	0,254
Ganzkörper-CT	354	89,8 %	86	89,6 %	268	89,9 %	0,921

Tabelle 16: Population 1 (n = 394), Vergleich der Anzahl der durchgeführten Interventionen und Diagnostik
ZVK: Zentraler Venenkatheter, CT: Computertomographie

Population 2

Die Analyse der Behandlungsabläufe gestaltete sich in der Population 2 völlig vergleichbar zur Population 1. Auch hier zeigten sich keine Differenzen in der Behandlung zwischen den Patienten, die in der Nacht in den Schockraum gebracht wurden und denen, die am Tage eingeliefert wurden.

Bezüglich der Schockraumübersichtszeiten lag die Zeitspanne bis zum FAST-Sono in der TAG-Gruppe bei $5,9 \pm 3,3$ Minuten und in der NACHT-Gruppe bei $6,3 \pm 2,9$ Minuten, $p = 0,195$. Die verstrichene Zeit von der Ankunft des Patienten bis zum CT lag am Tag bei $26,0 \pm 11,0$ Minuten, während in der Nacht $26,9 \pm 11,2$ Minuten verstrichen, $p = 0,475$. Die Gesamtdauer im Schockraum betrug insgesamt bei $64,2 \pm 30,1$ Minuten, die beiden Gruppen unterschieden sich dabei nicht wesentlich, $p = 0,429$.

Auch eine Intubation dauerte nicht unterschiedliche lange (TAG $3,0 \pm 1,6$; NACHT $3,1 \pm 1,5$; $p = 0,871$). Die benötigte Zeit für das Einbringen eines arteriellen Zuganges betrug während des Tages $5,0 \pm 3,8$ Minuten und während der Nacht $4,5 \pm 1,5$ Minuten, $p = 0,116$. Ebenso offenbarten sich keine Differenzen im Zeitbedarf für einen ZVK (TAG $6,6 \pm 3,9$; NACHT $7,4 \pm 4,7$; $p = 0,651$), einen peripheren Zugang (TAG $2,2 \pm 1,8$; NACHT $1,7 \pm 0,7$; $p = 0,387$) oder eine Thoraxdrainage (TAG $6,9 \pm 5,0$; NACHT $6,5 \pm 2,9$; $p = 0,623$). Die benötigte Zeit für eine Extremitätenschienung zeigte ebenfalls keine Unterschiede mit $3,4 \pm 3,1$ Minuten am Tag und $3,8 \pm 3,7$ Minuten in der Nacht, $p = 0,922$. Auch die Anlage von

Blasenkathetern dauerte nicht unterschiedlich lange, so wurden am Tage $2,0 \pm 0,9$ Minuten und in der Nacht $1,9 \pm 1,0$ Minuten benötigt, $p = 0,709$.

	n(gesamt)	gesamt: $\bar{x} \pm SD$	n(TAG)	TAG: $\bar{x} \pm SD$	n(NACHT)	NACHT: $\bar{x} \pm SD$	p-Wert
Zeit bis FAST (min)	389	$6,1 \pm 3,2$	246	$5,9 \pm 3,3$	143	$6,3 \pm 2,9$	0,195
Zeit bis CT (min)	348	$26,3 \pm 11,1$	225	$26,0 \pm 11,0$	123	$26,9 \pm 11,2$	0,475
Gesamte SR-Dauer (min)	410	$64,2 \pm 30,1$	262	$63,8 \pm 30,6$	148	$64,8 \pm 29,4$	0,429
Intubation (min)	23	$3,0 \pm 1,5$	13	$3,0 \pm 1,6$	10	$3,1 \pm 1,5$	0,871
Arterieller Zugang (min)	213	$4,8 \pm 3,7$	133	$5,0 \pm 3,8$	80	$4,5 \pm 1,5$	0,116
ZVK (min)	64	$6,9 \pm 4,2$	43	$6,6 \pm 3,9$	21	$7,4 \pm 4,7$	0,651
Peripherer Zugang (min)	78	$2,1 \pm 1,6$	55	$2,2 \pm 1,8$	23	$1,7 \pm 0,7$	0,387
Thoraxdrainage (min)	27	$6,7 \pm 4,1$	15	$6,9 \pm 5,0$	12	$6,5 \pm 2,9$	0,623
Extremitäten-schienung (min)	101	$3,5 \pm 3,3$	65	$3,4 \pm 3,1$	36	$3,8 \pm 3,7$	0,922
Blasenkatheter (min)	196	$1,9 \pm 0,9$	124	$2,0 \pm 0,9$	72	$1,9 \pm 1,0$	0,709

Tabelle 17: Population 2 (n = 420), Vergleich von Schockraumübersichtszeiten und Dauer von einzelnen Interventionen;

FAST: Focused Assessment with Sonography for Trauma, SR: Schockraum, ZVK: Zentraler Venenkatheter

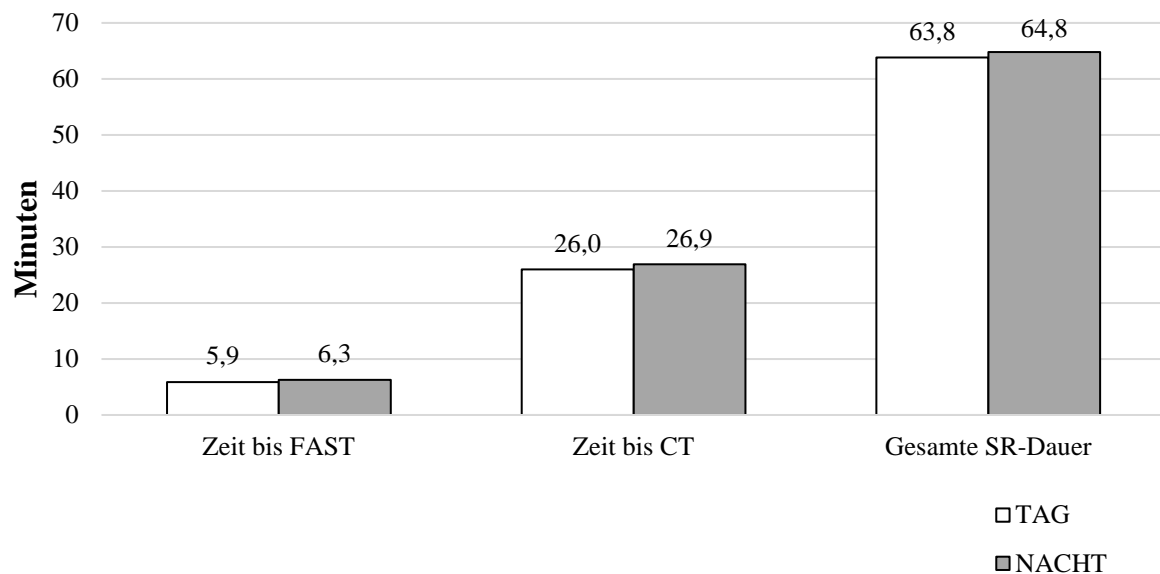


Abbildung 15: Population 2, Vergleich der Schockraumübersichtszeiten;
FAST: Focused Assessment with Sonography for Trauma, CT: Computertomographie, SR: Schockraum

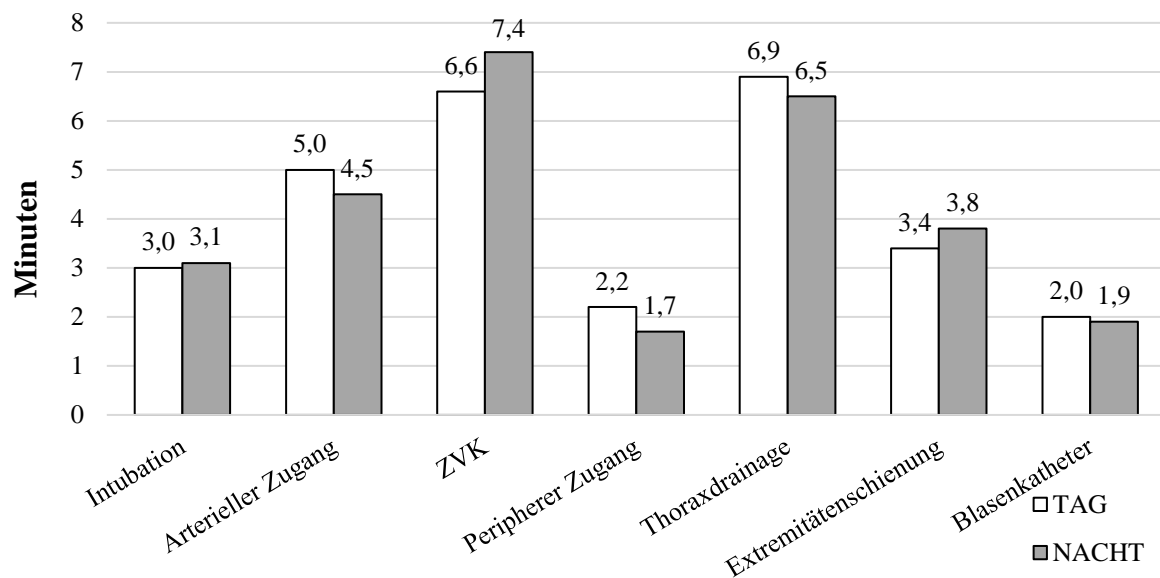


Abbildung 16: Population 2, Vergleich der Zeitdauern einzelner Interventionen;
ZVK: Zentraler Venenkatheter

Ebenso wie in der Population 1 gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen bezüglich der Häufigkeit der Durchführung der Maßnahmen. Die Zahl der im Schockraum durchgeführten Intubationen ist mit ca. 5% in beiden Gruppen sehr niedrig, $p = 0,454$. Dagegen wird bei den meisten Patienten ein Ganzkörper-CT durchgeführt (TAG 87,6 %; NACHT 82,2 %), $p = 0,129$ (siehe Tabelle 18).

	n(gesamt)	gesamt: %	n(TAG)	TAG: %	n(NACHT)	NACHT: %	p- Wert
Intubation	23	5,5 %	13	4,9 %	10	6,6 %	0,454
Arterieller Zugang	213	50,7 %	133	49,6 %	80	52,6 %	0,554
ZVK	64	15,2 %	43	16,0 %	21	13,8 %	0,541
Peripherer Zugang	78	18,6 %	55	20,5 %	23	15,1 %	0,172
Thoraxdrainage	27	6,4 %	15	5,6 %	12	7,9 %	0,356
Extremitätenschienung	101	24,0 %	65	24,3 %	36	23,7 %	0,896
Blasenkatheter	196	46,7 %	124	46,3 %	72	47,4 %	0,828
Ganzkörper-CT	359	85,7 %	234	87,6 %	125	82,2 %	0,129

Tabelle 18: Population 2 (n = 420), Vergleich der Anzahl der durchgeführten Interventionen und Diagnostik
ZVK: Zentraler Venenkatheter, CT: Computertomographie

3.5 Untersuchung des Therapieerfolgs

Population 1

In Bezug auf den Therapieerfolg zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen beiden verglichenen Gruppen der Population 1.

Die Glasgow Outcome Scale (GOS) war zwischen der RAZ- und nRAZ-Gruppe vergleichbar mit $3,7 \pm 1,6$, bzw. $3,9 \pm 1,5$ und statistisch nicht signifikant unterschiedlich, $p = 0,305$.

In Durchschnitt waren die Patienten über $7,2 \pm 10,2$ Tage (RAZ) und $7,4 \pm 10,0$ Tage (nRAZ) intubiert, $p = 0,856$. Die durchschnittliche Liegedauer auf der Intensivstation lag bei $11,5 \pm 14,9$ bzw. $12,0 \pm 11,9$ Tagen, $p = 0,183$. Auch die gesamte Liegedauer im Krankenhaus unterschied sich bei beiden Gruppen (RAZ $21,8 \pm 21,0$ Tage; nRAZ $22,2 \pm 16,6$ Tage) nicht signifikant, $p = 0,268$ (siehe Tabelle 19 und Abbildung 17).

	n(gesamt)	gesamt: $\bar{x} \pm SD$	n(RAZ)	RAZ: $\bar{x} \pm SD$	n(nRAZ)	nRAZ: $\bar{x} \pm SD$	p- Wert
GOS	392	$3,8 \pm 1,5$	95	$3,7 \pm 1,6$	297	$3,9 \pm 1,5$	0,305
Tage intubiert (d)	394	$7,4 \pm 10,0$	96	$7,2 \pm 10,2$	298	$7,4 \pm 10,0$	0,856
Tage auf Intensivstation (d)	372	$11,9 \pm 12,7$	93	$11,5 \pm 14,9$	279	$12,0 \pm 11,9$	0,183
Gesamtliegedauer (d)	394	$22,1 \pm 17,8$	96	$21,8 \pm 21,0$	298	$22,2 \pm 16,6$	0,268

Tabelle 19: Population 1 (n = 394), Vergleich der Parameter des Therapieerfolgs;
GOS: Glasgow Outcome Scale

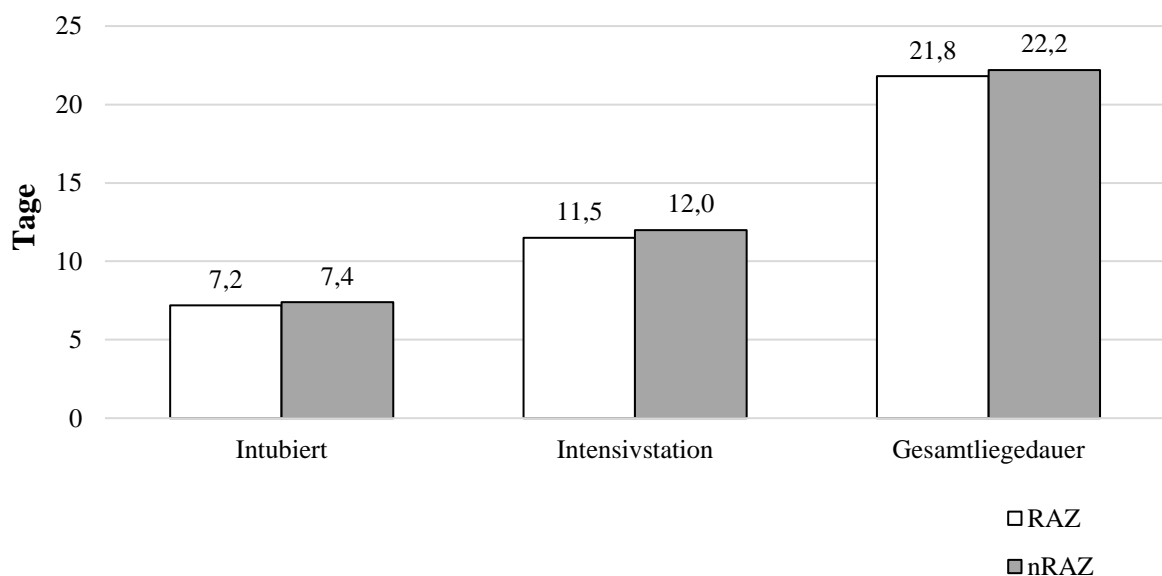


Abbildung 17: Population 1, Vergleich der Tage intubiert, auf Intensivstation und der Gesamtliegedauer im Krankenhaus

Der Anteil der Patienten mit einer GOS von größer gleich vier, also mit einer maximal mäßigen Behinderung und keiner Abhängigkeit von Hilfsmitteln im Alltag, lag insgesamt bei 67,6 %. Während der RAZ traf dies auf 62,1 % der Patienten zu, während der nRAZ auf 69,4 %, $p = 0,188$.

Der für die Schockraumbehandlung aussagekräftige Wert „24h-Letalität“, also die Patienten, die innerhalb der ersten 24 Stunden nach Aufnahme gestorben sind, zeigte mit 13,5 % (RAZ) und 9,1 % (nRAZ) keine signifikanten Unterschiede, $p = 0,206$.

Ebenso wurde kein Unterschied bei der Letalität während des gesamten Krankenhausaufenthaltes zwischen der RAZ mit 21,9 % und der nRAZ mit 15,4 % gefunden, $p = 0,144$.

Die Komplikation der Sepsis trat bei 10,4 % der RAZ- und 9,4 % der nRAZ-Patienten auf, $p = 0,835$.

Die Inzidenz von Multiorganversagen lag sowohl in der RAZ (39,6 %) als auch der nRAZ (41,9 %) auf einem vergleichbaren Niveau, $p = 0,559$.

	n(gesamt)	gesamt: %	n(RAZ)	RAZ: %	n(nRAZ)	nRAZ: %	p-Wert
GOS ≥ 4	265	67,6 %	59	62,1 %	206	69,4 %	0,188
24h-Letalität	40	10,2 %	13	13,5 %	27	9,1 %	0,206
Gesamtletalität	67	17,0 %	21	21,9 %	46	15,4 %	0,144
Sepsis	38	9,6 %	10	10,4 %	28	9,4 %	0,835
MOV	163	41,4 %	38	39,6 %	125	41,9 %	0,559

Tabelle 20: Population 1 ($n = 394$), Vergleich der Parameter des Therapieerfolgs;
GOS: Glasgow Outcome Scale, MOV: Multiorganversagen

Der Unterschied zwischen der berechneten RISC-Prognose und der beobachteten Letalität betrug bei den RAZ-Patienten 6,4 % und bei den nRAZ-Patienten 7,2 %. Bei Betrachtung des TRISS wird diese Differenz noch deutlicher: Hier unterschied sich der berechnete Wert vom Beobachteten um 6,7 % (RAZ), bzw. 12,2 % (nRAZ). Damit war jeweils der beobachtete Wert geringer als der Berechnete.

Die TRISS-SMR lag in der RAZ-Gruppe bei 0,76 (0,48–1,05) und bei 0,56 (0,41–0,71) in der nRAZ-Gruppe und offenbarte in der nRAZ-Gruppe damit einen signifikanten Unterschied zwischen der berechneten und beobachteten Letalität. Die gleiche Beobachtung konnte bei der RISC-SMR gemacht werden: Während der RAZ zeigte sich keine Signifikanz bei einer SMR von 0,77 (0,48–1,06), in der nRAZ-Gruppe trat dagegen abermals ein signifikanter Unterschied zwischen der berechneten und beobachteten Letalität auf. Hier lag die RISC-SMR bei 0,68 (0,50–0,86) (siehe Tabelle 21 und Abbildung 18).

	SMR	CI 95%
RAZ: TRISS	0,764	0,476–1,053
nRAZ: TRISS	0,559	0,410–0,707
RAZ: RISC	0,771	0,480–1,063
nRAZ: RISC	0,679	0,499–0,860

Tabelle 21: Population 1, Vergleich der SMR des TRISS und RISC-Scores;

SMR: Standardisierte Mortalitätsratio, TRISS: Trauma and Injury Severity Score, RISC: Revised Injury Severity Classification

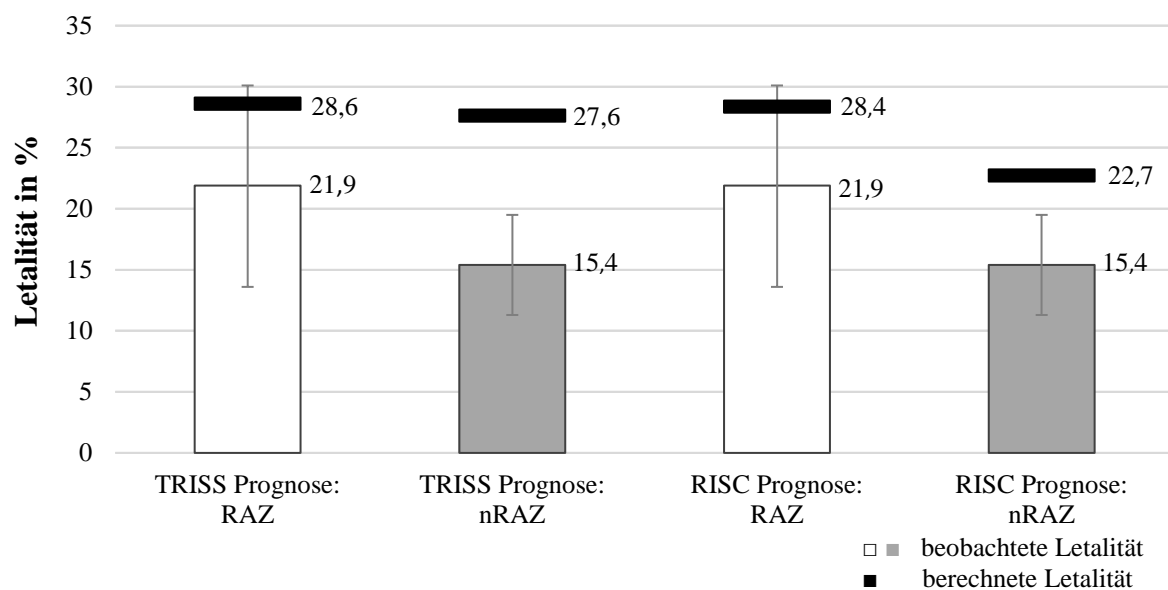


Abbildung 18: Population 1, Vergleich der beobachteten Letalität und der RISC- bzw. TRISS-Berechnung; TRISS: Trauma and Injury Severity Score, RISC: Revised Injury Severity Classification

Population 2

Die Population 2 verhielt sich in vielen Aspekten ähnlich der Population 1. Die GOS der TAG-Patienten betrug $3,9 \pm 1,6$ und die der NACHT-Patienten $3,8 \pm 1,1$, $p = 0,491$. Wie lange ein Patient intubiert auf Intensivstation lag, unterschied sich zwischen TAG ($6,11 \pm 8,7$ Tage) und NACHT ($7,52 \pm 10,3$ Tage) nicht signifikant, $p = 0,086$. Nicht nur die Dauer der Intubation auf Intensivstation, sondern auch die Dauer des Intensivaufenthaltes insgesamt unterschied sich mit $10,2 \pm 11,9$ Tagen der TAG-Patienten und $11,6 \pm 12,5$ Tagen der NACHT-Patienten nicht signifikant. Die Gesamtliegedauer unterschied sich zwischen beiden Gruppen nicht signifikant. Diese lag in der TAG-Gruppe bei $19,8 \pm 17,1$ Tagen, in der NACHT-Gruppe bei $21,9 \pm 16,0$ Tagen, $p = 0,081$ (siehe Tabelle 22 und Abbildung 19).

	n(gesamt)	gesamt: $\bar{x} \pm SD$	n(TAG)	TAG: $\bar{x} \pm SD$	n(NACHT)	NACHT: $\bar{x} \pm SD$	p- Wert
GOS	415	$3,8 \pm 1,5$	264	$3,9 \pm 1,6$	151	$3,8 \pm 1,1$	0,491
Tage intubiert (d)	420	$6,6 \pm 9,3$	268	$6,11 \pm 8,7$	152	$7,52 \pm 10,3$	0,086
Tage auf Intensivstation (d)	420	$10,7 \pm 12,1$	268	$10,2 \pm 11,9$	152	$11,6 \pm 12,5$	0,271
Gesamtliegedauer (d)	420	$20,6 \pm 16,7$	268	$19,8 \pm 17,1$	152	$21,9 \pm 16,0$	0,081

Tabelle 22: Population 2 (n = 420), Vergleich der Parameter des Therapieerfolgs;
GOS: Glasgow Outcome Scale

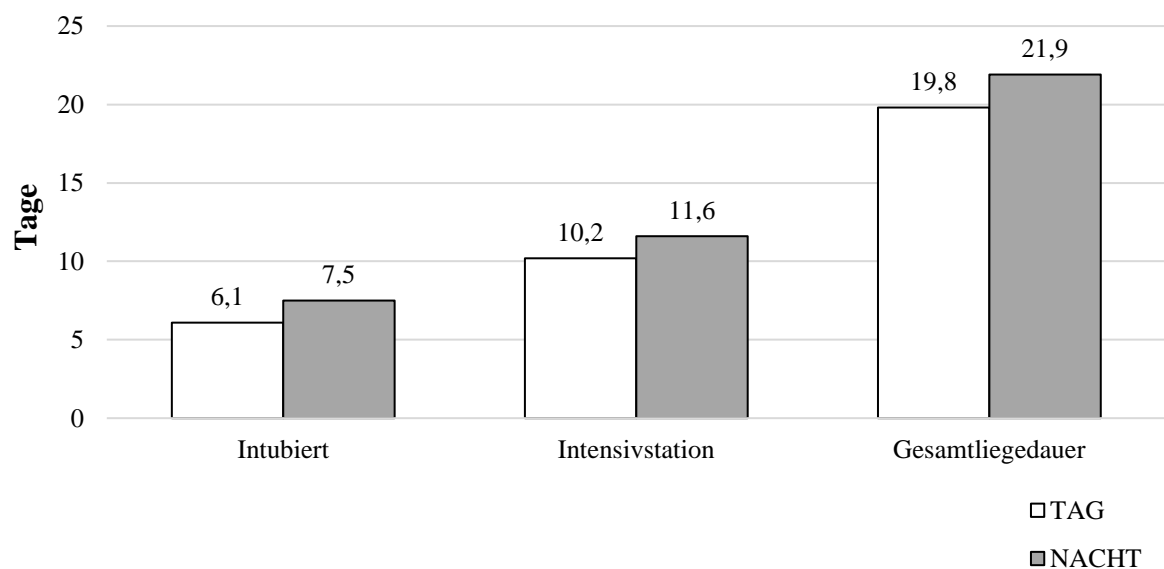


Abbildung 19: Population 2, Vergleich der Tage intubiert, auf Intensivstation und der Gesamtliegedauer im Krankenhaus

Die TAG- und NACHT-Gruppe beinhalteten einen vergleichbaren Anteil an Patienten, die eine GOS von größer gleich vier zugeordnet bekamen. In der Gruppe TAG lag dieser Anteil bei 68,2 %, in der Gruppe NACHT bei 70,2 %, $p = 0,669$. Dies traf auch auf den Anteil der Patienten zu, die innerhalb der ersten 24 Stunden verstorben sind (TAG 9,3 %; NACHT 8,6 %; $p = 0,790$). Auch die Gesamtletalität im Krankenhaus war vergleichbar: 18,3 % der TAG-Patienten und 17,8 % der NACHT-Patienten verstarben im Krankenhaus, $p = 0,894$. Insgesamt erlitten 8,9 % eine Sepsis. In der TAG-Gruppe lag die Inzidenz bei 10,4 %, in der NACHT-Gruppe bei 6,4 %, $p = 0,175$. Ein MOV erlitten deutlich mehr Patienten. Bei 37,9 % der TAG-Patienten und 46,5 % der NACHT-Gruppe, $p = 0,095$.

	n(gesamt)	gesamt: %	n(TAG)	TAG: %	n(NACHT)	NACHT: %	p- Wert
GOS \geq 4	286	68,9 %	180	68,2 %	106	70,2 %	0,669
24h-Letalität	38	9,0 %	25	9,3 %	13	8,6 %	0,790
Gesamtletalität	76	18,1 %	49	18,3 %	27	17,8 %	0,894
Sepsis	35	8,9 %	26	10,4 %	9	6,3 %	0,175
MOV	163	41,1 %	96	37,9 %	67	46,5 %	0,095

Tabelle 23: Population 2 (n = 420), Vergleich der Parameter des Therapieerfolgs;
GOS: Glasgow Outcome Scale, MOV: Multiorganversagen

Im Gegensatz zur Population 1 treten die signifikanten Unterschiede zwischen der berechneten und beobachteten Letalität in beiden Gruppen (TAG und NACHT) auf. In der Population 2 verstarben weniger Patienten als durch die Prognosescores berechnet. Am deutlichsten wurden die Unterschiede zwischen der TRISS-Prognose und der tatsächlichen Letalität. Hier lag die Differenz bei 9,2 % (TAG) und 11,8 % (NACHT). Die SMR lag bei 0,665 (0,50–0,83) bzw. 0,600 (0,40–0,81).

Die RISC-Prognose führte zu geringeren Differenzen mit 6,9 % bzw. 6,7 %. Hier konnte die TAG-SMR mit 0,714 (0,53–0,90) und die NACHT-SMR mit 0,725 (0,48–0,97) beziffert werden. Damit unterschieden sich die Werte aller Vergleiche signifikant zwischen der beobachteten und berechneten Letalität (siehe Tabelle 24 und Abbildung 20).

	SMR	CI 95%
TAG: TRISS	0,665	0,497–0,833
NACHT: TRISS	0,600	0,395–0,805
TAG: RISC	0,714	0,533–0,895
NACHT: RISC	0,725	0,477–0,973

Tabelle 24: Population 2, Vergleich der SMR des TRISS und RISC-Scores;
SMR: Standardisierte Mortalitätsratio, TRISS: Trauma and Injury Severity Score, RISC: Revised Injury Severity Classification

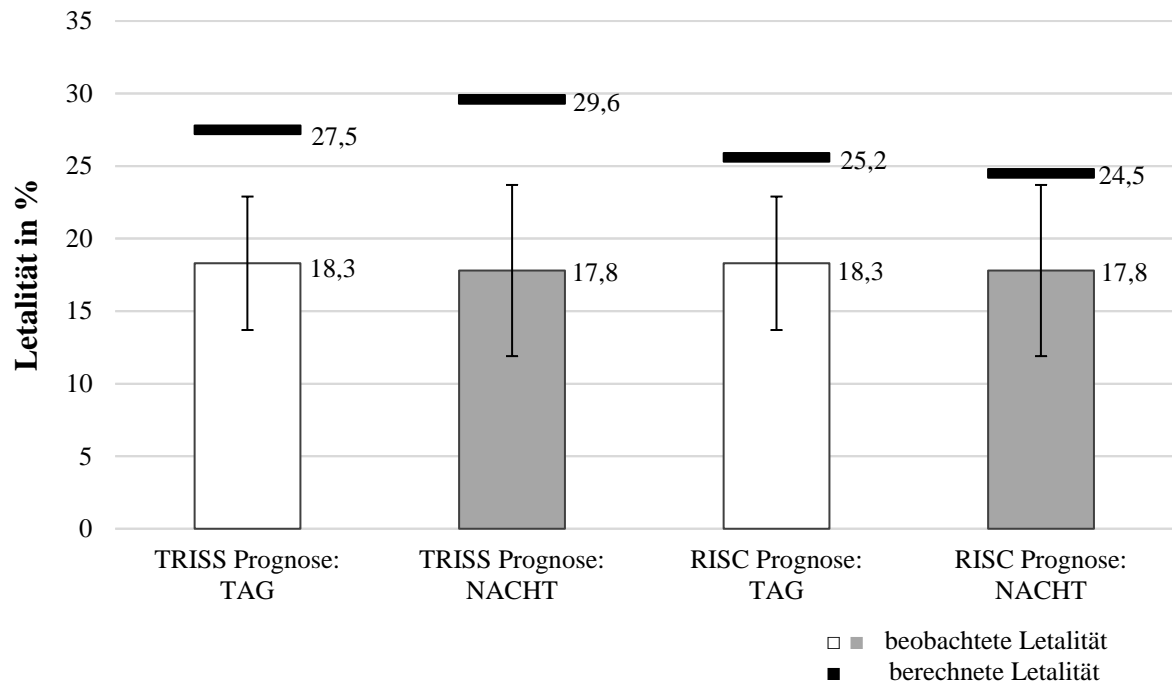


Abbildung 20: Population 2, Vergleich der beobachteten Letalität und der RISC- bzw. TRISS-Berechnung; TRISS: Trauma and Injury Severity Score, RISC: Revised Injury Severity Classification Sensitivitätsanalyse

3.6 Sensitivitätsanalyse

Die zur Reduktion des Selektionsbias durchgeführte Sensitivitätsanalyse mit jeweils um 30 und 60 Minuten verschobenen Start- und Endzeiten der einzelnen Gruppen zeigte keine wesentlichen Abweichungen der Ergebnisse der definierten Gruppen. Keine der untersuchten Variablen, welche sich zuvor als nicht statistisch signifikant darstellte, wechselte diesen Status in dieser zusätzlichen Analyse. Ebenso gab es keine Änderung von einer Signifikanz zu einer Nichtsignifikanz. Auch die Verletzungsschwere, abgebildet durch den ISS, gleicht sich in der Population 2 zwar an, bleibt jedoch weiterhin statistisch signifikant unterschiedlich.

4 Diskussion

4.1 Diskussion der Grundeigenschaften

Die vorliegende Arbeit reiht sich in neun weitere Publikationen ein, welche das Thema der Qualität der Schwerverletztenversorgung an verschiedenen Wochentagen oder Tageszeiten untersuchen. Sieben davon stammen nicht aus dem deutschen Sprachraum. Die übrigen zwei Publikationen stützen sich auf dieselbe Datenbasis wie diese Arbeit [135,136]:

1. Guly et al. 2006: The effect of working hours on outcome from major trauma [137]
2. Laupland et al. 2009: Hospital mortality among major trauma victims admitted on weekends and evenings: a cohort study [138]
3. Carr et al. 2010: Does the trauma system protect against the weekend effect? [139]
4. Søreide 2010: Temporal patterns of death after trauma: evaluation of circadian, diurnal, periodical and seasonal trends in 260 fatal injuries [140]
5. Egol et al. 2011: Mortality rates following trauma: The difference is night and day [141]
6. Dybdal et al. 2013: Is there a diurnal difference in mortality of severely injured trauma patients? [142]
7. Di Bartolomeo et al. 2014: A population based study on the night-time effect in trauma care [143]
8. Parsch et al. 2014: Trauma care inside and outside business hours: comparison of process quality and outcome indicators in a German level-1 trauma center [135]
9. Parsch et al. 2015: Wenn andere schlafen - Leistungsfähigkeit der Patientenversorgung in der Nacht am Beispiel der Schwerverletztenversorgung [136]

4.1.1 Grundeigenschaften der Population 1

Die Aufteilung des Patientenaufkommens in drei Viertel aller eingelieferten Patienten während der nRAZ und einem Viertel aller eingelieferten Patienten während der RAZ ist vergleichbar mit weiteren Studien von Guly et al. und Laupland et al.. Diese verwenden ähnliche bzw. gleiche Vergleichszeiträume und kommen zu Aufteilung der Gruppen von 33 % vs. 67 % [137] und 35 % vs. 65 % [138]. Ein Grund für die höheren Patientenzahlen während der nRAZ könnte darin liegen, dass viele Unfälle in der Freizeit oder auf dem Weg von oder zur Arbeit passieren. Ein Hinweis darauf könnten auch die hohen Unfallraten mit dem Auto geben, das ggf. als Transportmittel zur Arbeit diene. Zudem umfasst die nRAZ deutlich mehr Wochenstunden. Das durchschnittliche Alter der Patienten liegt mit ca. 40

Jahren ebenso auf dem Niveau anderer Untersuchungen (38,5 Jahre (diese Studie) vs. 43,2 Jahre [139] vs. Median 39,5 Jahre [138]). Der Anteil der männlichen Patienten war mit um die 70 % typisch für Populationen schwerverletzter Patienten und kann durch eine höhere Risikobereitschaft der männlichen Bevölkerung erklärt werden. Der erhöhte Anteil der männlichen Patienten könnte auch dadurch erklärt werden, dass Männer in Deutschland traditionell in unfallreicheren Berufen, wie auf der Baustelle oder Schwerindustrie arbeiten [24,144]. Die Traumaart „penetrierend“ präsentierte sich im internationalen Vergleich, besonders mit den USA, als deutlich geringer. Dies könnte mit der ebenfalls geringen Anzahl an Gewaltverbrechen und dem deutlich erschwerten Zugang zu Schussfeuerwaffen zusammenhängen [139]. Europäische Untersuchungen weisen dagegen keinen so deutlichen Unterschied bezüglich der Traumaart auf [138,142].

Die Anzahl der verschiedenen Unfallhergänge sind mit denen des TraumaRegister DGU® vergleichbar. Die signifikant höhere Anzahl der Stürze über drei Meter während der RAZ könnte damit erklärt werden, dass es sich hierbei häufig um Arbeitsunfälle handeln könnte, die dementsprechend während der RAZ häufiger anzutreffen sind, da die RAZ-Zeiträume zu großen Teilen den durchschnittlichen Arbeitszeiten in Deutschland entsprechen [24,145]. Die Verletzungsschweren unterscheiden sich entsprechend der sehr homogen verteilten Gruppen nicht. Jedoch liegt der ISS auf Grund strengerer Einschlusskriterien dieser Studie höher als bei vergleichbaren Studien (32,5 vs. 10 [139] vs. 25 [142] vs. 20 [138]). Publikationen über die Schwerverletztenversorgung mit ähnlichen Einschlusskriterien weisen mit 29,7 und 28,8 einen vergleichbare hohen ISS auf [146,147].

4.1.2 Grundeigenschaften der Population 2

In der Population 2 hingegen trafen deutlich mehr Patienten während des Tages im Schockraum ein. Dies könnte mit dem Aktivitätsmuster des Durchschnittsbürgers begründet werden, der in der Nacht schläft. Damit ereignen sich in der Nacht weniger Arbeits- und Freizeitunfälle, die zu schwerverletzten Patienten führen.

Das signifikant niedrigere Alter der Patienten in der Nacht wurde so auch von Dybdal et al. und Di Bartolomeo et al. aufgezeigt. Es ist vorstellbar, dass jüngere Patienten nachts aktiver sind und auch ein höheres Unfallrisiko in sich tragen. Dagegen verletzten sich ältere Patienten eher am Tag durch die dem körperlichen Zustand vielleicht nicht immer angepassten Tätigkeiten oder während der Arbeit [142,143]. Das Durchschnittsalter der Population 2 zeigt sich gegenüber der Population 1 unauffällig, wodurch die zur Population 1 diskutierten Aspekte auch für die Population 2 gelten.

Der signifikant höhere Anteil an männlichen Patienten wird in keiner vergleichbaren Publikation beschrieben, wobei dies auch wiederum nur von Dybdal et al. und Di Bartolomeo et al. untersucht und beschrieben wurde (68 % vs. 75 %; $p = 0,33$ und 68 % vs. 66 %; nicht signifikant) [142,143]. Möglich wäre, dass junge männliche Patienten nachts häufiger alkoholisiert verunfallen, wie dies in der Literatur beschrieben ist [148]. Auch hier kann wieder angeführt werden, dass durch die in Deutschland typische Berufswahl männliche Patienten einem höheren Risiko ausgesetzt sind [149].

Zusammen könnte damit auch erklärt werden, warum die Patienten nachts signifikant schwerer verletzt sind: Jüngere Patienten haben noch größere physische Reserven, schwere Verletzungen zu überleben und erreichen die Klinik. Dies zeigt sich auch in der signifikant geringeren Vorerkrankungsschwere in der Nacht. Durch ihre größeren physischen Reserven zeigt sich in der Folge dann auch kein Unterschied in der TRISS- und RISC-Überlebensprognose. Also scheint es, als wiege das junge Alter die schwereren Verletzungen bezüglich des Überlebens auf. Zu den präklinisch verstorbenen Patienten lagen leider keine Daten vor.

In Bezug auf die Unfallhergänge fällt auf, dass der Autounfall nachts signifikant häufiger stattfand. Auch dies könnte, neben typischen Unfallrisikofaktoren wie Übermüdung und schlechterer Sicht, auch mit vermehrten Trunkenheitsfahrten zusammenhängen. Wahrscheinlich ist auch, dass die Wahl des Transportmittels nachts im Verhältnis häufiger auf das Auto fällt und somit die Häufung gegenüber den anderen Unfallhergängen zu erklären ist.

4.1.3 Vergleich der Populationen

Die beiden Populationen überschneiden sich in ihrem Patientengut deutlich. Ebenso bildet die RAZ- mit der TAG-Gruppe und die nRAZ- mit der NACHT-Gruppe von den Zeiträumen große Schnittmengen. Dies erklärt die ähnlichen Grundeigenschaften der Populationen. Umso auffälliger sind die nachts deutlich schwerer verletzten und jüngeren Patienten der Population 2. Dies scheint in der Population 1 durch die Wochenenden und Feiertage, an denen die nRAZ auch die Tagesstunden miteinschließt, ausgeglichen zu werden. So zeigte sich zumindest bei dieser Populationsgröße bezüglich der Verletzungsschwere und des Alters kein signifikanter Unterschied. Die sonstigen Parameter, wie Geschlecht, die übrigen Unfallhergänge und die Traumaart scheinen sich zumindest für die untersuchten Zeiträume gleichmäßig zu verteilen.

4.2 Diskussion der präklinischen Daten

4.2.1 Präklinische Daten der Population 1

Bei Betrachtung der präklinischen Parameter konnte kein Unterschied zwischen nRAZ und RAZ festgestellt werden. Die nicht unterschiedlichen Vitalparameter, sowie der gleiche GCS deuten auf ein äußerst homogenes Patientengut hin, das sich bei Eintreffen des Rettungsdienstes als ähnlich stabil, bzw. instabil darstellt. Der GCS sowie die Vitalparameter sind mit anderen Studien mit ähnlichen Einschlusskriterien in der Höhe vergleichbar [146]. Bezüglich des GCS geben Dybdal et al. nur den Medianwert an, welcher bei 15 liegt, jedoch damit eine sehr begrenzte Aussagekraft in sich trägt [142].

Eine Ausnahme in der Homogenität der Gruppen stellt der Anteil der luftgebunden zugebrachten Patienten dar, welcher während der nRAZ signifikant geringer ausfällt. Das könnte zum Teil daraus resultieren, dass nach Sonnenuntergang ein RTH nur vom bodengebundenen Rettungsdienst nachgefordert werden kann [89]. Bezüglich des Nachforderns der Luftrettung wurde bereits gezeigt, dass dies zu einer verlängerten präklinischen Zeit führen kann, jedoch keinen Einfluss auf das Outcome des Patienten nimmt [150]. Der Anteil der luftgebunden transportierten Patienten in dieser Studie (59 %) ist im Vergleich zu den Vergleichsdaten des TraumaRegister DGU® (17 %) überproportional hoch. Dies kann jedoch durch den Ausschluss der Patienten mit einem ISS < 16 begründet werden, da schwerer verletzte Patienten häufiger luftgebunden zur Klinik transportiert werden [24]. Trotz der unterschiedlichen Zubringungsarten unterschieden sich die Zeitspannen der Präklinik nicht. Ebenso bemerkenswert ist, dass der Anteil der präklinisch durchgeführten Intubationen nicht durch die Einlieferungszeit beeinflusst wird. Das könnte als Indikator für die Qualität der einflussgebietsweiten, rund um die Uhr vorgehaltenen, bodengebundenen, präklinischen Versorgung herangezogen werden, die einen vergleichbar zügigen Transport in die Klinik gewährleistet.

4.2.2 Präklinische Daten der Population 2

In der Population 2 fällt nachts der, bezüglich der Vitalparameter, schlechtere Zustand der Patienten auf. Vor allem der niedrigere systolische Blutdruck und der höhere Schockindex sprechen für einen größeren Blutverlust. Diesem Faktum sollte Rechnung getragen werden, indem das Behandlungsschema der präklinischen Situation angepasst wird. Für einen Patienten mit dem Verdacht auf einen großen Blutverlust, sollte eine schnelle Verfügbarkeit einer CT-Untersuchung oder einer Notoperation gewährleistet sein [146,151]. Patienten mit deutlicher Hypoxie waren in beiden Gruppen dagegen ähnlich oft anzutreffen. Trotz dieser

Tatsachen vergingen in der NACHT-Gruppe vom Eintreffen des Notarztes bis zur Aufnahme in der Klinik im Schnitt 12 Minuten mehr. Dies kann mehrere Ursachen haben. Erstens waren ggf. mehr Maßnahmen notwendig, um den Patienten für den Transport zu stabilisieren, da diese ja einen schlechteren Schockindex aufwiesen [152]. Zweitens kann der nachts nur eingeschränkte Lufttransport des Patienten Nachteile in Bezug auf die Transportzeit mit sich gebracht haben. Drittens könnten die häufigeren Autounfälle nachts zu einer aufwendigeren technischen Rettung geführt haben, die den Rettungsablauf verzögerte.

In mehreren anderen Studien wurde gezeigt, dass eine längere präklinische Zeit nicht zu einer deutlichen Reduktion der Überlebenschance geführt hat [150,153,154]. Im Gegensatz dazu steht die Studie von Sampalis et al., in welcher eine längere präklinische Dauer mit einer höheren Letalität einhergeht [155]. Dies könnte in den unterschiedlichen Rettungssystemen begründet sein: Das Notarztsystem in Deutschland verspricht eine fachlich höherwertige präklinische Versorgung als das Paramedicsystem im nordamerikanischen Raum [156].

Dass die Dauer vom Unfall bis zum Eintreffen des Notarztes nicht signifikant unterschiedlich ist, spricht dafür, dass trotz mancher nur über den Tag besetzter Rettungswachen das Versorgungsnetz ausreichend dicht ist. Zudem scheint es in der Nacht nicht mehr Schwierigkeiten mit dem Auffinden des Patienten gegeben zu haben.

Die häufigere präklinische Intubation in der Nacht ist mit dem schlechteren Zustand des Patienten zu erklären. Bei einem schlechteren Schockindex mag der Notarzt häufiger dazu geneigt gewesen sein, eine Intubation durchzuführen.

4.2.3 Vergleich der Populationen

Der Vergleich der beiden Populationen zeigt Unterschiede bei den präklinischen Vitalparametern mit einem in der Nacht erhöhten Schockindex durch einen signifikant niedrigeren systolischen Blutdruck. Während der nRAZ zeigt sich dieser Effekt nicht. Dadurch könnte geschlossen werden, dass die Nachtzeiten mehr Einfluss auf die Vitalparameter zeigen, als die RAZ oder nRAZ. Ein Erklärungsansatz wäre hier wiederum die deutlich unterschiedlichen Aktivitätsmuster der Patienten zwischen Tag und Nacht.

Ebenso scheinen die unterschiedlichen präklinischen Behandlungsdauern eher von der Tageszeit mit den oben aufgeführten Unterschieden, als von der Personalbesetzung abzuhängen, da sich dieser Unterschied nur im TAG/NACHT- und nicht im RAZ/nRAZ-Vergleich zeigt.

Dass in beiden Populationen ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen in Bezug auf die luftgebundene Zubringung zu beobachten ist, könnte sich durch einen Überlagerungseffekt erklären lassen: Die nRAZ-Gruppe schließt die Zeiträume der NACHT-Gruppe vollständig ein, sodass die verringerte Hubschrauberanzahl nachts auch auf die nRAZ Gruppe Einfluss nimmt. Diese Überlegung wird dadurch gestützt, dass sich in der Population 2, mit klaren Unterschieden in der Hubschrauberanzahl, ein etwas deutlicherer Unterschied darstellt.

Die Tatsache, dass sich die Anzahl der präklinischen Intubationen in der Population 1 im Gegensatz zur Population 2 nicht signifikant unterschied, kann durch die bezüglich der Verletzungsschwere homogenen Patientengruppen in der Population 1 schlüssig erklärt werden.

4.3 Diskussion der Vitalparameter bei Eintreffen im Schockraum

4.3.1 Vitalparameter bei Eintreffen im Schockraum der Population 1

Die vergleichbaren, im Durchschnitt stabilen, Vitalparameter der Patienten bei Einlieferung im Schockraum sprechen dafür, dass die präklinische Versorgung sowohl während der RAZ, als auch während der nRAZ auf einem konstant hohen Niveau liegt und nicht durch strukturelle Unterschiede dahingehend verschoben wird, dass z.B. während der nRAZ die Patienten in einem instabileren Zustand eingeliefert werden. Dabei muss jedoch auf die in 4.7 aufgeführte Limitation geachtet werden, dass präklinische Tode in dieser Arbeit nicht berücksichtigt werden konnten.

4.3.2 Vitalparameter bei Eintreffen im Schockraum der Population 2

Die niedrigere Körpertemperatur des Patienten bei Eintreffen im Schockraum nachts ist nachvollziehbar: Bei nächtlich niedrigeren Außentemperaturen kühlt der Körper schneller aus. Auch das Rettungsmittel, sowie die Patiententrage sind ggf. im Vergleich zum Tag kühler. Vorstellbar ist auch, dass nachts mehr alkoholisierte Patienten mit einer reduzierten Regulationsfähigkeit der Körpertemperatur verunglücken [157]. Ebenso kann die nachts verlängerte präklinische Zeitdauer mit einem suboptimalen Wärmeerhalt einhergehen. Dabei ist die Hypothermie als unabhängiger Risikofaktor bei schwerverletzten Patienten identifiziert und es gibt in der Literatur Hinweise darauf, dass ein sanftes Aufwärmen des Patienten in der präklinischen Phase das Outcome verbessern könnte [158–163].

Präklinisch zeigten sich noch Unterschiede im Schockindex. Diese sind bei Eintreffen im Schockraum nicht mehr festzustellen. Eine stabilisierende und ggf. auch zeitintensive präklinische Behandlung kann hierfür maßgeblich gewesen sein.

4.3.3 Vergleich der Populationen

Der einzige Unterschied der Populationen zeigt sich bei der Körpertemperatur bei Eintreffen. Dass sich die Verminderung nur in der NACHT-Gruppe zeigt, nicht aber in der nRAZ-Gruppe, könnte damit zusammenhängen, dass in der nRAZ-Zeitspanne auch viele Tag-Stunden enthalten sind, wie an Wochenenden oder Feiertagen. Typische Vergleichswerte für Körpertemperaturen von Traumapatienten, die sich auf das mitteleuropäische Klima beziehen, konnten trotz intensiver Literaturrecherche nicht gefunden werden. Die übrigen Vitalparameter entsprechen denen anderer großer Vergleichsstudien mit ähnlichen Einschlusskriterien [146,156,164].

4.4 Diskussion der Behandlungsparameter

4.4.1 Behandlungsparameter der Population 1

Auf Grund der Methodik der Datenerhebung sollten für die Behandlungsparameter im Schockraum die Daten mit der höchsten Reliabilität vorliegen. Trotz verschiedener Faktoren, die die Leistung des Schockraumteams beeinflussen könnten, zeigte sich kein Unterschied zwischen der RAZ und der nRAZ in Bezug auf Schockraum- und Behandlungsparameter. Zum einen ist es weitläufig akzeptiert und nachgewiesen, dass die menschliche Leistungsfähigkeit nachts abnimmt [99,101,103]. Zum anderen umfasst die nRAZ nicht nur die Nacht, sondern auch das Wochenende und Feiertage, an denen eine reduzierte Personalstruktur in der Klinik anwesend ist. Dennoch unterschieden sich die Behandlungsparameter nicht.

Vergleichsdaten über die Dauer von einzelnen Interventionen sind kaum vorhanden.

Auch die Übersichtszeiten der Schockraumversorgung, wie z.B. die Zeit von Einlieferung bis zum ersten CT offenbarten keine Unterschiede. Denn wie bereits gezeigt wurde, erhöht ein schnell durchgeführtes CT bei hämodynamisch instabilen Patienten die Überlebensrate und kann so als Vergleichsparameter der Qualität herangezogen werden [146,151]. Dabei lagen die Übersichtszeiten gleichauf mit denen in multizentrischen Studien, die die Dauer der Schockraumbehandlung dokumentieren [24,165–167].

Zudem unterschied sich die RAZ von der nRAZ auch bezüglich der Anzahl der durchgeführten Interventionen nicht. Daraus könnte abgelesen werden, dass die präklinische

Versorgung jeweils ähnlich ist und eine vergleichbare Anzahl an Interventionen im Schockraum zur Ergänzung der Diagnostik und Therapie durchgeführt wurde. In Kombination mit den Schockraumübersichtszeiten ist in beiden Gruppen die Anzahl der Interventionen pro Zeiteinheit konstant. Dementsprechend scheinen nicht nur die einzelnen Interventionen zügig abgearbeitet zu werden, sondern es scheint auch der Gesamtablauf eine ähnliche Geschwindigkeit aufzuweisen.

Der vergleichbare Zeitbedarf für und die vergleichbare Anzahl an Interventionen im Schockraum könnten darauf schließen lassen, dass das diensthabende Behandlungsteam die geforderten Voraussetzungen und Qualität rund um die Uhr erfüllen kann.

Die strukturellen Unterschiede der Personalbesetzung nehmen anscheinend keinen Einfluss auf die Prozessqualität der Schwerverletztenversorgung. Klare Handlungsabläufe, regelmäßige Fortbildungen und Algorithmen, wie ATLS, scheinen hier die Qualität zu sichern, sodass die Uhrzeit des Eintreffens keinen Effekt auf die Behandlung des Patienten nimmt [108,115,168].

4.4.2 Behandlungsparameter der Population 2

Falls die nächtliche Müdigkeit einen entscheidenden Einfluss auf die Versorgungsqualität nehmen sollte, müsste dies in Population 2 besonders deutlich werden. Doch auch hier finden sich keinerlei Unterschiede zwischen den Gruppen, weder in Bezug auf die Anzahl oder Dauer der Interventionen, noch auf die Übersichtszeiten der Schockraumversorgung. Folglich können die klaren Vorgaben und Algorithmen nicht nur strukturelle, sondern auch individuelle Unterschiede des behandelnden Personals abfangen, sodass der Effekt der Müdigkeit und nachlassenden Konzentration nicht zum Tragen kommt. Zudem könnte es eine Rolle spielen, dass ein schwerverletzter Patient auch für erfahrenes Personal eine anspannende Situation darstellt, die für die nötige Wachheit während der Dauer der Behandlung sorgt. Vermittelt wird dies u.a. durch die vermehrte Ausschüttung von Stresshormonen wie Adrenalin und Cortisol [169]. Überraschend ist die (allerdings nicht signifikant) geringere Rate an durchgeführten CTs in der Nacht bei im Durchschnitt schwerer verletzten Patienten. Ein möglicher Grund könnte sein, dass bei dem jüngeren Patientengut häufiger mehr Wert auf Strahlenschutz gelegt wurde.

Auch die Rufbereitschaft der unfallchirurgischen Oberärzte in der Nacht scheint, wie in einer anderen Studie bereits gezeigt wurde, keinen negativen Einfluss auf die Behandlung zu haben, zumal diese in der Regel vor dem Patienten in der Klinik eintreffen [91].

Darüber hinaus gelten die für die Population 1 diskutierten Aspekte ebenso für die Population 2.

4.4.3 Vergleich der Populationen

Es sind keine ähnlichen Studien bekannt, die die Dauer von Interventionen rund um die Uhr untersuchen. Deshalb sind eine Einordnung und ein Vergleich des in dieser Studie beobachteten Zeitbedarfs für Interventionen nicht möglich.

Die Übersichtszeiten beider Populationen bewegen sich auf einem Niveau mit vorhergehenden Studien, die die Dauer der Schockraumbehandlung zum Teil multizentrisch betrachteten [24,165–167]. Damit ist davon auszugehen, dass sich die Zeiten in der Studienklinik nicht nur konstant verhalten, sondern auch den Qualitätsanforderungen genügen und sich mit anderen Kliniken messen lassen können. Zwischen Population 1 und 2 finden sich keine wesentlichen Unterschiede, sodass anzunehmen ist, dass sich die Versorgung eines schwerverletzten Patienten sowohl von den Strukturunterschieden, als auch den individuellen, physiologischen tageszeitlichen Unterschieden unabhängig zeigt.

4.5 Diskussion des Therapieerfolgs

4.5.1 Therapieerfolg der Population 1

Der für die Schockraumversorgung aussagekräftige Outcome-Wert, die 24-Stunden-Letalität, war in beiden Gruppen vergleichbar. Hinzu kommt, dass sich auch die Prognoseparameter auf einem Niveau bewegen. Deshalb ist es möglich anzunehmen, dass die Versorgung während der nRAZ auf dem gleichen Niveau wie zur RAZ liegt. Dies könnte aus dem vereinheitlichten Versorgungsalgorithmus und der guten Ausbildung in der Schwerverletztenversorgung am UKR resultieren. Ebenso scheinen sich auch die konsekutiv folgenden Operationen und Intensivaufenthalte nicht in der Qualität zu unterscheiden, da sich auch keine Unterschiede in der Sepsis-Inzidenz, der Inzidenz des Multiorganversagens, oder der Gesamtliegedauer finden. Hier könnte jedoch eine Verzerrung der Ergebnisse vorliegen, da die OP oder die Intensivaufnahme möglicherweise zeitlich bereits in eine andere Gruppe (RAZ bzw. nRAZ) fällt.

Zudem ist auffällig, dass die beobachtete Letalität während der nRAZ signifikant geringer als die berechnete Letalität war. In der RAZ zeigte sich dies nicht. Es ist aber möglich, dass dies statistische Ursachen hat, da in der RAZ weniger Patienten eingeschlossen waren und mit einer steigenden Patientenzahl auch hier eine Signifikanz zu beobachten wäre.

Die Gesamttletalität lag um bis zu 16 % niedriger als in früheren Studien mit einer vergleichbaren Patientenpopulation. Dieses Ergebnis wird durch den Vergleich der SMR-Berechnungen dieser Studie mit denen von Huber-Wagner et. al. bestärkt (0,68 – 0,77 vs. 0,85 – 0,98) [137,147]. Dies bedeutet, dass weniger Patienten verstorben sind, als durch die Prognosescores berechnet wurde. Bei den Daten dieser Studie zeigte sich das noch ausgeprägter als in den Vergleichsstudien. Das klinische Outcome von Schwerverletzten (z.B. am GOS gemessen) wurde bislang in sehr wenigen Studien untersucht [137–139,142]. Diese Studien kommen zu einem ähnlichen Ergebnis wie die vorliegende Studie, was den Unterschied des Behandlungserfolgs zwischen RAZ und nRAZ betrifft.

4.5.2 Therapieerfolg der Population 2

Auch in der Population 2 zeichnet es sich ab, dass an der untersuchten Studienklinik keine Unterschiede im Outcome schwerverletzter Patienten abhängig von der Einlieferungszeit auftreten. Damit verhält sich die Population 2 entsprechend der Population 1.

Für eine gute Qualität der Patientenversorgung spricht, dass in beiden Gruppen die SMR signifikant unter 1 liegt und damit das tatsächliche Outcome besser als das Berechnete ist.

Vier Studien befassen sich explizit mit dem Tag-Nacht-Unterschied bei Traumapatienten. Zwei Studien zeigen einen Einfluss der Einlieferungszeit von schwerverletzten Patienten auf das Outcome. Di Bartolomeo et al. konnten in einer Multicenter-Studie aus Italien einen Effekt zeigen, der besonders ausgeprägt bei den sekundär zuverlegten Patienten auftrat. Die Autoren führen die Tatsache, dass diese Effekte in den anderen Studien nicht beobachtet wurden, auf das Ausschließen dieser Patienten zurück. Dieser Effekt konnte in der vorliegenden Studie nicht nachvollzogen werden, obwohl zuverlegte Patienten eingeschlossen wurden [143]. Egol et al. zeigen ein schlechteres Outcome besonders für die Patienten zwischen 0 und 6 Uhr, die in einem lokalen Traumazentrum behandelt wurden [141]. Die dieser Arbeit zugrundeliegende Studie wurde hingegen in einem überregionalen Traumazentrum durchgeführt. Dies könnte dazu geführt haben, dass der von Egol et al. beobachtete Effekt nicht erkennbar wird.

Carr et al., sowie Dybdal et al. können ebenso wie diese Arbeit keinen Unterschied zwischen Tag und Nacht darstellen. Carr et al. argumentieren, dass ihre Studie trotz der großen Population mit $n = 4382$ „underpowered“ sein könnte und man ggf. einen Effekt bei der Analyse von Subgruppen finden könnte [139]. Dybdal et al. geben zu bedenken, dass man mit der Studie nicht alle Einflussfaktoren untersuchen könnte und sich die Patienten trotz

der Homogenität in der Studie in anderen, nicht untersuchten Faktoren, unterscheiden könnten [142].

Jedoch darf man die Vergleichbarkeit der vier Studien zu dieser Arbeit in Frage stellen, da zuvor keine Studie im deutschen Sprachraum erstellt wurde und deshalb von grundsätzlich unterschiedlichen Voraussetzungen in der präklinischen Versorgung, der Personalstruktur und der technischen Ausstattung auszugehen ist [170]. Dementsprechend konnte mit der Literatur die Frage des Einflusses der Tageszeit auf das Outcome bei schwerverletzten Patienten nicht abschließend geklärt werden.

4.5.3 Vergleich der Populationen

Die Populationen verhielten sich, wie zuvor bei den Behandlungsparametern, nahezu gleich. Ein Unterschied zeigte sich beim Vergleich der beobachteten Letalität und der durch den TRISS oder RISC-Score berechneten Letalität. In der Population 1 zeigte sich lediglich während der nRAZ ein signifikanter Unterschied. Während der RAZ lagen die berechnete Letalität und die tatsächliche Letalität statistisch auf einem Niveau.

Die Population 2 hingegen wies sowohl für die TAG-, als auch für die NACHT-Gruppe signifikante Unterschiede zwischen der berechneten Prognose (durch den RISC-Score und TRISS) und dem realen Wert auf. Dies könnte daher rühren, dass der Beobachtungszeitraum um zwei Jahre länger war und es belegt ist, dass die Letalität des Polytraumas in Deutschland mit jedem Jahr etwas sinkt [24,171], der RISC-Score jedoch anhand der Daten des TraumaRegister DGU® aus den Jahren 1993 bis 2000 validiert wurde [129]. Der TRISS wurde sogar bereits 1987 publiziert [128]. Damit hinken die Prognosewerte den tatsächlichen Werten hinterher, was zu der signifikanten Differenz der standardisierten Mortalitätsratio führen kann. Der aktuellere RISC2-Score [172] zeigte bei der Tag-Nacht-Untersuchung jedoch ebenso einen signifikanten Unterschied [173], sodass davon auszugehen ist, dass die Ergebnisqualität am UKR auf einem sehr hohen Niveau liegt.

Bei anderen Notfällen, wie apoplektischem Insult [174–177] oder Myokardinfarkt [178,179] kamen frühere Studien zu keinem einheitlichen Ergebnis, welchen Einfluss der Zeitpunkt der Einlieferung auf das Outcome hat. Widersprüchliche Ergebnisse findet man auch bei Betrachtung anderer Studien, die das Outcome verschiedener Patientengruppen abhängig von der Einlieferungszeit untersuchen [180–184]. So lässt sich der Einfluss des Zeitpunktes der Einlieferung auf das Outcome der Patienten auch bei anderen Notfällen durch die Literatur weder generell belegen, noch ablehnen.

4.6 Aussagekraft der verwendeten Qualitätsindikatoren

In dieser Arbeit werden insbesondere Zeiten und Outcomeparameter als Qualitätsindikatoren genutzt. Unklar ist, ob die verwendeten Indikatoren tatsächlich auch die Kriterien für gute Qualitätsindikatoren erfüllen (siehe 1.4.2). Exemplarisch werden hierfür zwei Indikatoren, ein Prozessqualitätsindikator und ein Ergebnisqualitätsindikator, nach den einzelnen Kriterien analysiert. Für die Prozessqualität wird die Zeitspanne, die für das Legen eines arteriellen Zugangs nötig ist, herangezogen. Die Ergebnisqualität wird durch die Letalitätsrate repräsentiert.

Kriterium	Zeit für das Legen eines arteriellen Zugangs
Verständlichkeit	Klare und nachvollziehbare Definition, die sich für medizinisches Personal als allgemeinverständlich darstellt.
Validität	Misst nur die Qualität eines Teilaspektes, der Geschwindigkeit. Weitere Qualitätsmerkmale, wie z.B. die Sterilität der durchgeführten Maßnahme werden hierdurch nicht abgebildet.
Reproduzierbarkeit	Zeitnahme und Protokollierung wurde von verschiedenen Studienassistenten nach klaren Vorgaben durchgeführt. Dementsprechend ist von einer Reproduzierbarkeit auszugehen.
Reliabilität	Zeit als harter Faktor mit weltweit gleich definierten Spannen wird bei korrekter Methodik immer zu den gleichen Messergebnissen führen.
Diskriminierungsfähigkeit	Eine kurze Interventionsdauer stellt ein „gutes“ Ergebnis für den Aspekt der Zeitknappheit dar. Relevant wird dies bei abdominellen Blutungen, bei welcher die Überlebenswahrscheinlichkeit alle 3 Minuten um 1 % sinkt [151]. Vergleichswerte finden sich in der Literatur jedoch nicht.
Adjustierbarkeit	Durchführbarkeit der Zeitnahme auch bei anderen Leistungserbringern (z.B. im OP) möglich.

Tabelle 25: Bewertung des Parameters „Zeit für das Legen eines arteriellen Zugangs“ als Qualitätsindikator für die Prozessqualität bei der Versorgung schwerverletzter Patienten

Trotz kleiner Abstriche bei der Validität und Diskriminierungsfähigkeit ist von einem guten Qualitätsindikator für die Prozessqualität auszugehen. Die Validität könnte mit weiteren Untersuchungen, wie der durchschnittlichen Liegedauer des arteriellen Zugangs ohne lokale Entzündung weiter verbessert werden. In der Akutversorgung spielt dies jedoch eine untergeordnete Rolle, solange Grundstandards (z.B. suffiziente Desinfektion der Einstichstelle) erhalten bleiben.

Die Ergebnisqualitätsindikatoren sollen anhand der Letalitätsrate diskutiert werden.

Kriterium	Letalitätsrate
Verständlichkeit	Allgemeingültige Definition, klar und eindeutig verständlich.
Validität	Das Überleben des Patienten als primäres Ziel gesetzt, ohne ethische Begutachtung, erfüllt der Indikator die maximale Gültigkeit für die Gesamtversorgung. Die bloße Schockraumversorgung ist darin als Teil eingeschlossen.
Reproduzierbarkeit	Durch die klare Objektivierbarkeit des Todes ist die Prüfung durch jede Person möglich.
Reliabilität	Jeder geschulte Anwender würde die gleichen Messergebnisse erzielen.
Diskriminierungsfähigkeit	Eine niedrige Letalitätsrate spricht für „gute“ Ergebnisse. Vielfältige Vergleichswerte liegen vor.
Adjustierbarkeit	Die Letalität kann auf alle vergleichbaren Einheiten adjustiert werden.

Tabelle 26: Bewertung des Parameters „Letalitätsrate“ als Qualitätsindikator für die Ergebnisqualität bei der Versorgung schwerverletzter Patienten

In der Zusammenschau ist von einem guten Qualitätsindikator auszugehen. Ethische Aspekte bleiben dabei jedoch unberücksichtigt. Die Validität umfasst mehr als die reine Schockraumbehandlung, schließt diese jedoch vollständig mit ein.

4.7 Limitationen

Trotz des großen, klar definierten Patientenkollektivs hat diese Studie einige Einschränkungen.

Allem voran ist dies eine retrospektive Studie, die somit alle damit verbundenen Limitationen mit sich bringt.

Zweitens wurden präklinische Tode für diese Studie nicht erfasst. Dies führt zu einer Vorselektion des Patientengutes, was einen Einfluss auf die Behandlung haben könnte. Jedoch ist die in dieser Dissertation untersuchte Population von den Basismerkmalen in beiden Gruppen sehr ähnlich und gewährleistet damit eine gute Vergleichbarkeit.

Drittens ist es durch eine Unvollständigkeit des TraumaRegister DGU® nur in 76,6 % der Fälle möglich, den TRISS anzugeben. Dagegen ist der RISC-Score bei 98,5 % aller Patienten angegeben, wobei dieser für unser Patientengut der aktuellen Studienlage zufolge auch der verlässlichere Wert ist [129]. Darüber hinaus wurde der RISC2-Score nicht betrachtet. Dieser trifft aktuellere und genauere Prognosen für das Überleben von Schwerverletzten als der RISC-Score oder TRISS. Dieser war jedoch nur bei einer begrenzten Anzahl von Patienten vorhanden und wurde deshalb nicht verwendet. Zudem war er zum Zeitpunkt der Untersuchung der Population 1 noch nicht veröffentlicht und kann für sekundär zuverlegte Patienten nicht berechnet werden [24].

Neben dem RISC2-Score war ein Fehlen weiterer Werte zu beobachten, da diese trotz genauer und intensiver Datenerfassung nicht dokumentiert wurden. Dies könnte zu einem Einfluss auf das Ergebnis führen. Da dies jedoch nur selten der Fall war, muss nicht zwangsläufig davon ausgegangen werden.

Viertens könnte, trotz einer standardisierten Patientenversorgung am UKR, durch unterschiedliche behandelnde Teams eine Einschränkung der Aussagekraft entstehen. Dies spiegelt jedoch auch die klinische Realität wieder. Zudem ändern sich die Strukturen in der Anwesenheit des Personals nicht schlagartig, sondern abgestuft. Diese Unterschiede konnten wegen ihrer Komplexität und den täglichen Änderungen nicht berücksichtigt werden.

Fünftens: Obwohl höhere Verletzungsgrade zu einer schnelleren Versorgung führen, sollte dies durch die homogen verteilten Gruppen in dieser Studie keinen Einfluss haben [165]. Die homogen verteilten Gruppen reduzieren auch das Selektionsbias.

Sechstens kann sich ein Selektionsbias dennoch durch den Ausschluss der Patienten einstellen, bei denen kein Studienassistent alarmiert wurde. Hierbei wäre es vorstellbar, dass

in diesen Fällen auch die zuständigen Oberärzte zu spät oder gar nicht kontaktiert wurden. Eine Anzahl, wie häufig dies der Fall war, liegt nicht vor.

Siebtens wurden zwei lange Zeiträume untersucht. Ggf. zeigen sich mehr Unterschiede bei der Subgruppenbetrachtung einzelner, kleinerer Zeitabschnitte. So könnte z.B. die morgendliche Cortisonausschüttung positive oder negative Effekte auf die Behandlung mit sich bringen.

Achtens wurden unter Umständen Variablen nicht erfasst, die einen Unterschied und Einfluss aufzeigen würden. So fehlt z.B. die Anzahl der Personen, die im Schockraum für die Behandlung tatsächlich anwesend war.

Neuntens ist es möglich, dass sich trotz der großen Populationen weitere Effekte erst mit einer Erhöhung der Fallzahl zeigen. Deshalb sollte die Datenerfassung weitergeführt werden und die Auswertung mit einer größeren Fallzahl wiederholt werden.

5 Fazit

Verglichen wurden die Daten von 394 bzw. 420 schwerverletzten Patienten, die entweder in der Regelarbeitszeit, oder in der nicht-Regelarbeitszeit, bzw. während des Tages oder während der Nacht eingeliefert wurden.

Hierbei konnten keine wesentlichen Unterschiede in den Grundeigenschaften der Patientenkollektive und der Prozess- und Ergebnisqualität festgestellt werden.

Dies kann man als Hinweis auf eine allzeit gleichwertige Patientenversorgung im Sinne des Qualitätsmanagements werten. Gut ausgebildetes Personal, klar gegliederte Organisation und die Vereinheitlichungen des Behandlungsablaufs könnten auf dieses Ergebnis positiven Einfluss genommen haben.

6 Abkürzungsverzeichnis

AAST	American Association for the Surgery of Trauma
AIS	Abbreviated Injury Scale
ARDS	Acute Respiratory Distress Syndrome
ASA	American Society of Anesthesiologists Classification
ATLS	Advanced Trauma Life Support
BGA	Blutgasanalyse
BTS	British Trauma Society
CI	Confidence Interval (Konfidenzintervall)
CT	Computertomographie
DGU	Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V.
DIVI	Deutsche Interdisziplinäre Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin e.V
DRG	Diagnosis Related Groups
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
EK	Erythrozytenkonzentrat
EKG	Elektrokardiogramm
ESTES	European Society for Trauma and Emergency surgery
ETC	European Trauma Course
FAST	Focused Assessment with Sonography for Trauma
GCS	Glasgow Come Scale
GOS	Glasgow Outcome Scale
HF	Herzfrequenz
HWS	Halswirbelsäule
ISS	Injury Severity Score
ITH	Intensivtransporthubschrauber
MOV	Multiorganversagen
MRT	Magnetresonanztomographie
NA	Notarzt
NISS	New Injury Severity Score
(n)RAZ	(nicht-)Regelarbeitszeit
NTDB	National Trauma Databank
OP	Operation / Operationssaal
OTA	Orthopaedic Trauma Association

RISC-Score	Revised Injury Severity Classification Score
RR	Riva-Rocci (Blutdruck)
RTH CH	Rettungstransporthubschrauber Christoph
SAPS	Simplified Acute Physiology Score
SD	Standard Deviation (Standardabweichung)
SHT	Schädel-Hirn-Trauma
SIRS	Systemisches inflammatorisches Response-Syndrom
SMR	Standardisierte Mortalitätsratio
SR	Schockraum
TNW	Traumanetzwerk
TRISS	Trauma and Injury Severity Score
UKR	Universitätsklinikum Regensburg
USA	United States of America
ZVK	Zentraler Venenkatheter

7 Literaturverzeichnis

1. Homer, Voss JH: *Ilias Odyssee*. 1st edition. Frankfurt am Main: Insel Verlag; 1990.
2. Tscherne H, Regel G: Teil II Allgemeine Behandlungsgebiete 15. Die Gesamtversorgung des polytraumatisierten Patienten [http://www.dgu-online.de/fileadmin/_migrated/content_uploads/kapitel2_15.pdf].
3. Oestern H, Probst J: *Unfallchirurgie in Deutschland: Bilanz und Perspektiven*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 1997.
4. Glick TF, Livesey SJ, Wallis F: *Medieval science, technology, and medicine: An encyclopedia*. New York: Routledge; 2005 [*Routledge encyclopedias of the Middle Ages*, vol. 11].
5. Chauliac Gd: *Chirurgia magna*. Reprint Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt, S 1976, 356.
6. Welling DR, Burris DG, Rich NM: The influence of Dominique Jean Larrey on the art and science of amputations. *Journal of vascular surgery* 2010, 52:790-793.
7. Skandalakis PN, Lainas P, Zoras O, Skandalakis JE, Mirilas P: "To afford the wounded speedy assistance": Dominique Jean Larrey and Napoleon. *World journal of surgery* 2006, 30:1392-1399.
8. Tscherne H, Nerlich ML, Sturm JA: Der schwerverletzte Patient-Prioritäten und Management. *Hefte Unfallheilkd* 1988, 200:394-410.
9. Heim U: *Das Phänomen AO: Gründung und erste Jahre der Arbeitsgemeinschaft für das Studium der Osteosynthese (1958-1963)*. Bern, Seattle: H. Huber; 2001.
10. Brand RA, Pape H: Biographical sketch: Harald Tscherne, MD (1933-present). *Clinical orthopaedics and related research* 2013, 471:2753-2754.
11. Regel G, Lobenhoffer P, Lehmann U, Pape HC, Pohlemann T, Tscherne H: Ergebnisse in der Behandlung Polytraumatisierter. *Der Unfallchirurg* 1993:350-362.
12. Böhmert A: Oberschenkelfraktur beim Polytrauma. Georg-August-Universität zu Göttingen, Abteilung Unfallchirurgie, Plastische und Wiederherstellungschirurgie; 2010.
13. AUC – Akademie der Unfallchirurgie GmbH: TraumaRegister DGU [<http://www.traumaregister.de/>].
14. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V.: *Weißbuch Schwerverletzten-Versorgung: Empfehlungen zur Struktur, Organisation, Ausstattung sowie Förderung von Qualität und Sicherheit in der Schwerverletzten-Versorgung in der Bundesrepublik Deutschland*. 2nd edition. Berlin: Thieme.
15. AUC – Akademie der Unfallchirurgie GmbH: Karte der Traumanetzwerke Deutschland [<http://map.telekooperation-tnw.de/maps/index.html>].
16. Siebert H.: Ziele TNW [http://www.dgu-traumanetzwerk.de/index.php?option=com_content&view=article&id=48&Itemid=55&lang=de].
17. Trentz O, Oestern HJ, Hempelmann G, Kolbow H, Sturm J, Trentz OA, Tscherne H: Kriterien für die Operabilität von Schwerverletzten. *UNFALLHEILKD* 1978, 81:451-458.

18. Baker SP, O'Neill B, Haddon W, Long WB: The injury severity score: a method for describing patients with multiple injuries and evaluating emergency care. *J Trauma* 1974, 14:187-196.
19. Milholland AV, Cowley RA, Sacco WJ: Development and prospective study of an Anatomical Index and an Acute Trauma Index. *The American surgeon* 1979, 45:246-254.
20. Champion HR, Sacco WJ, Carnazzo AJ, Copes W, Fouty WJ: Trauma score. *Critical care medicine* 1981, 9:672-676.
21. Champion HR, Sacco WJ, COPES WS, GANN DS, Gennarelli TA, Flanagan ME: A revision of the Trauma Score. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery* 1989, 29:623-629.
22. Pape H, Lefering R, Butcher N, Peitzman A, Leenen L, Marzi I, Lichte P, Josten C, Bouillon B, Schmucker U, Stahel P, Giannoudis P, Balogh Z: The definition of polytrauma revisited: An international consensus process and proposal of the new 'Berlin definition'. *The journal of trauma and acute care surgery* 2014, 77:780-786.
23. Auerbach K, Otte D, Jänsch M, Lefering R: *Medizinische Folgen von Straßenverkehrsunfällen: Drei Datenquellen, drei Methoden, drei unterschiedliche Ergebnisse?* Bergisch Gladbach; 2009.
24. TraumaRegister DGU, Lefering R, Nienaber U: *Jahresbericht Jahresbericht 2015*. Köln; 2015.
25. Staehler R: 35. *Deutscher Krankenhaustag im Rahmen der MEDICA eröffnet: Kostendruck in Kliniken nimmt in 2013 massiv zu*. Düsseldorf; 2012.
26. Blum K, Offermanns M: Krankenhäuser zwischen Innovations- und Kostendruck. Die stationäre Versorgung seit dem Jahr 2000. *Das Krankenhaus* 2009:296-302.
27. Baum H, Kranz T, Westerkamp U: *Volkswirtschaftliche Kosten durch Straßenverkehrsunfälle in Deutschland*. Bremerhaven: Wirtschaftsverl. NW; 2010 [Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen / M, vol. 208].
28. Häusler JC, Tobler B, Arnet B, Hüsler J, Zimmermann H: *Der Luxus zu verunfallen: Die volkswirtschaftlichen Kosten von Polytrauma*; 2008 [Medizinische Mitteilungen].
29. Peden M, Scurfield R, Sleet D, Mohan D, Hyder AA, Jarawan E, Mathers C: *World report on road traffic injury prevention*. Genf; 2004.
30. Bundesamt für Straßenwesen: *Volkswirtschaftliche Kosten durch Straßenverkehrsunfälle in Deutschland 2008; 2010 [Forschung kompakt]*.
31. Oestern H: *Das Polytrauma: Präklinisches und klinisches Management*. 1st edition. Munich: Elsevier, Urban & Fischer; 2008.
32. Sholnick AA: Congress acts to resuscitate nation's financially ailing trauma care systems. *JAMA* 1992, 267:2994, 2996.
33. Eastman AB, Rice CL, BISHOP GS, Richardson JD: An analysis of the critical problem of trauma center reimbursement. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery* 1991, 31:920-926.
34. Probst C, Schaefer O, Hildebrand F, Krettek C, Mahlke L: Wirtschaftliche Herausforderungen der Polytraumaversorgung. *Der Unfallchirurg* 2009, 112:975-980.
35. Elliott DC, Rodriguez A: Cost effectiveness in trauma care. *The Surgical clinics of North America* 1996, 76:47-62.

36. Graham JD, Corso PS, Morris JM, Segui-Gomez M, Weinstein MC: EVALUATING THE COST-EFFECTIVENESS OF CLINICAL AND PUBLIC HEALTH MEASURES*. *Annual Review of Public Health* 1998, 19:125-152.
37. Obertacke U, Neudeck F, Wihs HJ, Schmit-Neuerburg KP: [Cost analysis of primary care and intensive care treatment of multiple trauma patients]. *Der Unfallchirurg* 1997, 100:44-49.
38. Rösch M, Klose T, Leidl R, Gebhard F, Kinzl L, Ebinger T: Kostenanalyse der Behandlung polytraumatisierter Patienten. *Der Unfallchirurg* 2000, 103:632-639.
39. Ruchholtz S, Nast-Kolb D, Waydhas C, Stuber R, Lewan U, Schweiberer L: [Cost analysis of clinical treatment of polytrauma patients]. *Der Chirurg; Zeitschrift für alle Gebiete der operativen Medizin* 1995, 66:684-692.
40. Schmelz A, Ziegler D, Beck A, Kinzl L, Gebhard F: Akutstationäre Behandlungskosten polytraumatisierter Patienten. *Der Unfallchirurg* 2002, 105:1043-1048.
41. Schwermann T, Grotz M, Blanke M, Ruchholtz S, Lefering R, vd Schulenburg JG, Krettek C, Pape HC, others: Evaluation der Kosten von polytraumatisierten Patienten insbesondere aus der Perspektive des Krankenhauses. *Der Unfallchirurg* 2004, 107:563-574.
42. Probst C, Schaefer O, Hildebrand F, Krettek C, Mahlke L: Wirtschaftliche Herausforderungen der Polytraumaversorgung. *Der Unfallchirurg* 2009, 112:975-980.
43. Franz D., Lefering R, Siebert H, Windolf J, Roeder N, Mahlke L: Die Herausforderung der sachgerechten Vergütung von Schwerverletzten im deutschen DRG-System: Ergebnisse einer multizentrischen Analyse. *Das Gesundheitswesen* 2013, 75:84-93.
44. Mahlke L, Lefering R, Siebert H, Windolf J, Roeder N, Franz D: Abbildung von Schwerverletzten im DRG-System: Wird die Schwerverletztenversorgung doch bezahlbar? *Der Chirurg* 2013, 84:978-986.
45. Liebig BE: Etablierung eines Dokumentationssystems. Ludwig-Maximilians-Universität zu München; 2009.
46. Donabedian A: The quality of medical care. *Science (New York, N.Y.)* 1978, 200:856-864.
47. Böcker P: *Qualitätsmanagement im Krankenhaus – ein praxisorientierter Vergleich*. [S.l.]: Grin Verlag; 2013.
48. C. Waydhas, K.G. Kanz, S. Ruchholtz, D. Nast-Kolb: Algorithmen in der Traumaversorgung. *Unfallchirurg* 1997, 100:913-921.
49. Donabedian A: *The definition of quality and approaches to its assessment*. Ann Arbor, Mich.: Health Administration Press; 1980 [*His Explorations in quality assessment and monitoring*, v. 1].
50. Donabedian A: The quality of care. How can it be assessed? *JAMA* 1988, 260:1743-1748.
51. Zollondz H: *Grundlagen Qualitätsmanagement: Einführung in Geschichte, Begriffe, Systeme und Konzepte*. 2nd edition. München [u.a.]: Oldenbourg; 2006 [*Edition Management*].
52. Jennett B, Bond M: Assessment of outcome after severe brain damage. *Lancet* 1975, 1:480-484.

53. Knon D, Gietl G: *Qualitätsmanagement in Krankenhäusern*. 2nd edition. München: Hanser; 2013.
54. Masing W, Pfeifer T: *Handbuch Qualitätsmanagement*. 5th edition. München: Hanser; 2007.
55. Peter JP, Churchill Jr GA: Relationships among research design choices and psychometric properties of rating scales: a meta-analysis. *Journal of Marketing Research* 1986;1-10.
56. Springer Gabler Verlag: Gabler Wirtschaftslexikon, Stichwort: Qualitätssicherung [<http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/57713/qualitaetssicherung-v5.html>].
57. Joint Commission on Accreditation of Healthcare Organizations: *Primer on indicator development and application: measuring quality in health care*: Joint Commission on; 1990.
58. Geraedts M, Selbmann H, Ollenschlager G: Beurteilung der methodischen Qualität klinischer Messgrößen. *Zeitschrift für Ärztliche Fortbildung und Qualitätssicherung* 2002, 96:91-96.
59. Ruchholtz S, Zintl B, Nast-Kolb D, Waydhas C, Schwender D, Pfeifer KJ, Schweiberer L: Qualitätsmanagement der frühen klinischen Polytraumaversorgung. II. Therapieoptimierung durch Behandlungsleitlinien. *Der Unfallchirurg* 1997, 100:859-866.
60. Ruchholtz S, Zintl B, Nast-Kolb D, Waydhas C, Lewan U, Kanz KG, Schwender D, Pfeifer KJ, Schweiberer L: Improvement in the therapy of multiply injured patients by introducing of clinical management. *Injury* 1998, 29:115-129.
61. Ruchholtz S, Waydhas C, Aufmkolk M, Täger G, Piepenbrink K, Stolke D, Nast-Kolb D: Interdisziplinäres Qualitätsmanagement in der Behandlung schwerverletzter Patienten. Validierung eines QM-Systems für den diagnostischen und therapeutischen Ablauf der frühklinischen Versorgung. *Der Unfallchirurg* 2001, 104:927-937.
62. Ruchholtz S: External quality management in the clinical treatment of severely injured patients. *Unfallchirurg* 2004, 107:835-843.
63. Ruchholtz S: Das externe Qualitätsmanagement in der klinischen Schwerverletztenversorgung. *Der Unfallchirurg* 2004, 107:835-843.
64. Helm M, Bitzl A, Klinger S, Lefering R, Lampl L, Kulla M: Das TraumaRegister DGU® als Basis eines medizinischen Qualitätsmanagements. 10 Jahre Erfahrung eines überregionalen Traumazentrums am Beispiel der Schockraumversorgung. *Unfallchirurg* 2012 // 2013, 116:624-632.
65. Cooper A, Hannan EL, Bessey PQ, Farrell LS, Cayten CG, Mottley L: An examination of the volume-mortality relationship for New York State trauma centers. *The Journal of Trauma* 2000, 48:16-23; discussion 23-4.
66. Glance LG, Osler TM, Dick A, Mukamel D: The relation between trauma center outcome and volume in the National Trauma Databank. *J Trauma* 2004, 56:682-690.
67. Konvolinka CW, Copes WS, Sacco WJ: Institution and per-surgeon volume versus survival outcome in Pennsylvania's trauma centers. *American journal of surgery* 1995, 170:333-340.

68. Smith RF, Frateschi L, Sloan EP, Campbell L, Krieg R, Edwards LC, Barrett JA: The impact of volume on outcome in seriously injured trauma patients: two years' experience of the Chicago Trauma System. *The Journal of Trauma* 1990, 30:1066-75; discussion 1075-6.
69. Celso B, Tepas J, Langland-Orban B, Pracht E, Papa L, Lottenberg L, Flint L: A systematic review and meta-analysis comparing outcome of severely injured patients treated in trauma centers following the establishment of trauma systems. *J Trauma* 2006, 60:371-8; discussion 378.
70. Nirula R, Brasel K: Do trauma centers improve functional outcomes: a national trauma databank analysis? *J Trauma* 2006, 61:268-271.
71. American College of Surgeons: Reference Guide of Suggested Classification. Level 1 Trauma Center [<http://www.facs.org/trauma/vrc1.pdf>].
72. MacKenzie EJ, Rivara FP, Jurkovich GJ, Nathens AB, Frey KP, Egleston BL, Salkever DS, Scharfstein DO: A national evaluation of the effect of trauma-center care on mortality. *N. Engl. J. Med.* 2006, 354:366-378.
73. Burd RS: NATIONAL TRAUMA DATA BANK OVERVIEW [<http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/Pubs/NCCF09.pdf>].
74. Ruchholtz S: Das Traumaregister der DGU als Grundlage des interklinischen Qualitätsmanagements in der Schwerverletztenversorgung. Eine Multicenterstudie. Arbeitsgemeinschaft "Polytrauma" der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie. *Unfallchirurg* 2000, 103:30-37.
75. Zintl B, Ruchholtz S, Nast-Kolb D, Waydhas C, Schweiberer L: Qualitätsmanagement der frühen klinischen Polytraumaversorgung: Dokumentation der Behandlung und Beurteilung der Versorgungsqualität. *Der Unfallchirurg* 1997, 100:811-819.
76. Davis JW, Hoyt DB, McArdle MS, Mackersie RC, Eastman AB, Virgilio RW, Cooper G, Hammill F, Lynch FP: An analysis of errors causing morbidity and mortality in a trauma system: a guide for quality improvement. *The Journal of Trauma* 1992, 32:660-5; discussion 665-6.
77. Draaisma JM, Haan AF de, Goris RJ: Preventable trauma deaths in The Netherlands--a prospective multicenter study. *The Journal of Trauma* 1989, 29:1552-1557.
78. Hoyt DB, Hollingsworth-Fridlund P, Winchell RJ, Simons RK, Holbrook T, Fortiage D: Analysis of recurrent process errors leading to provider-related complications on an organized trauma service: directions for care improvement. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery* 1994, 36:377-384.
79. Ruchholtz S, Nast-Kolb D, Waydhas C, Betz P, Schweiberer L: Frühletalität beim Polytrauma: Eine kritische Analyse vermeidbarer Fehler. *Der Unfallchirurg* 1994, 97:285-291.
80. Hilbert P, Lefering R, Stuttmann R: Trauma care in Germany: major differences in case fatality rates between centers. *Deutsches Ärzteblatt International* 2010, 107:463-469.
81. Racy M, Al-Nammari S, Hing CB: A survey of trauma database utilisation in England. *Injury* 2013 // 2014, 45:624-628.
82. Reinermann H: *Die Optimale Gestaltung der Täglichen Arbeitszeit Im Industriebetrieb*. Berlin: Springer; 1968 [*Schriften Zur Theoretischen und Angewandten Betriebswirtschaftslehre Ser.*, vol. 4].

83. Bayerisches Staatsministerium des Innern: *Leitfaden zum Einsatz von Rettungstransporthubschraubern*. München; 2013.
84. Bayerisches Staatsministerium des Innern: *Algorithmus zum Leitfaden zum Einsatz von Rettungstransporthubschraubern*. München; 2013.
85. Bayerisches Staatsministerium des Innern: Luftrettung
[<http://www.stmi.bayern.de/sicherheit/rettungswesen/luftrettung>].
86. Andruszkow H, Lefering R, Frink M, Mommsen P, Zeckey C, Rahe K, Krettek C, Hildebrand F: Survival benefit of helicopter emergency medical services compared to ground emergency medical services in traumatized patients. *Crit Care* 2013, 17:R124.
87. Biewener A, Aschenbrenner U, Rammelt S, Grass R, Zwipp H: Impact of helicopter transport and hospital level on mortality of polytrauma patients. *J Trauma* 2004, 56:94-98.
88. Hesselfeldt R, Steinmetz J, Jans H, Jacobsson MB, Andersen DL, Buggeskov K, Kowalski M, Praest M, Øllgaard L, Höiby P, Rasmussen LS: Impact of a physician-staffed helicopter on a regional trauma system: a prospective, controlled, observational study. *Acta Anaesthesiol Scand* 2013, 57:660-668.
89. *Bedarfsanalyse zur Luftrettung in Bayern*. München; 2009.
90. Kuehne CA, Ruchholtz S, Sauerland S, Waydhas C, Nast-Kolb D: Personal and structural requirements for the initial management of multiple trauma. A systematic review of the literature. *Unfallchirurg* 2004, 107:851-861.
91. Fulda GJ, Tinkoff GH, Giberson F, Rhodes M: In-house trauma surgeons do not decrease mortality in a level I trauma center. *J Trauma* 2002, 53:494-500; discussion 500-2.
92. Speckmann E (Ed): *Physiologie: Mit 92 Tabellen*. München [u.a.]. 5th edition: Elsevier, Urban & Fischer; 2008.
93. Rajaratnam SMW, Middleton B, Stone BM, Arendt J, Dijk D: Melatonin advances the circadian timing of EEG sleep and directly facilitates sleep without altering its duration in extended sleep opportunities in humans. *The Journal of physiology* 2004, 561:339-351.
94. Chan S, Debono M: Review: Replication of cortisol circadian rhythm: new advances in hydrocortisone replacement therapy. *Therapeutic advances in endocrinology and metabolism* 2010, 1:129-138.
95. Baumann R: *Physiologie: 68 Tabellen*. 6th edition. Stuttgart, New York, NY: Thieme; 2010.
96. Lewy AJ, Cutler NL, Sack RL: The endogenous melatonin profile as a marker for circadian phase position. *J. Biol. Rhythms* 1999, 14:227-236.
97. Ostrowska Z, Kos-Kudla B, Marek B, Kajdaniuk D, Ciesielska-Kopacz N: The relationship between the daily profile of chosen biochemical markers of bone metabolism and melatonin and other hormone secretion in rats under physiological conditions. *Neuro Endocrinol. Lett.* 2002, 23:417-425.
98. Van Someren, E J: More than a marker: interaction between the circadian regulation of temperature and sleep, age-related changes, and treatment possibilities. *Chronobiology international* 2000, 17:313-354.

99. Machi MS, Staum M, Callaway CW, Moore C, Jeong K, Suyama J, Patterson PD, Hostler D: The relationship between shift work, sleep, and cognition in career emergency physicians. *Acad Emerg Med* 2012, 19:85-91.
100. Kelz RR, Tran TT, Hosokawa P, Henderson W, Paulson EC, Spitz F, Hamilton BH, Hall BL: Time-of-day effects on surgical outcomes in the private sector: a retrospective cohort study. *Journal of the American College of Surgeons* 2009, 209:434-445.e2.
101. Smith-Coggins R, Rosekind MR, Hurd S, Buccino KR: Relationship of day versus night sleep to physician performance and mood. *Ann Emerg Med* 1994, 24:928-934.
102. Kuhn G: Circadian rhythm, shift work, and emergency medicine. *Ann Emerg Med* 2001, 37:88-98.
103. Dawson D, Reid K: Fatigue, alcohol and performance impairment. *Nature* 1997, 388:235.
104. Olasky J, Chellali A, Sankaranarayanan G, Zhang L, Miller A, De S, Jones DB, Schwaitzberg SD, Schneider BE, Cao, Caroline G L: Effects of sleep hours and fatigue on performance in laparoscopic surgery simulators. *Surg Endosc* 2014, 28:2564-2568.
105. Stratton A, Furey A, Hogan M: The effect of sleep deprivation on a resident's situational awareness in a trauma scenario. *J Orthop Trauma* 2014, 28:e160-3.
106. Vahl CF, Osswald BR, Meinzer P, Simone R de, Thomas G, Hagl S: Interne Qualitätssicherung oder Hawthorne-Effekt? In *Klinik und Forschung in der Chirurgie unter dem Aspekt von Effizienz und Ökonomie*. Edited by Hartel W: Springer Berlin Heidelberg; 1997:260-266 [*Langenbecks Archiv für Chirurgie*].
107. Wurmb TE, Frühwald P, Knuepfer J, Schuster F, Kredel M, Roewer N, Brederlau J: Application of standard operating procedures accelerates the process of trauma care in patients with multiple injuries. *Eur J Emerg Med* 2008, 15:311-317.
108. Shafizadeh S, Tjardes T, Steinhausen E, Balke M, Paffrath T, Bouillon B, Balthis H: Advanced Trauma Life Support (ATLS®) in the emergency room. Is it suitable as an SOP? *Orthopädie* 2010, 39:771-776.
109. Ruchholtz S, Waydhas C, Lewan U, Piepenbrink K, Stolke D, Debatin J, Schweiberer L, Nast-Kolb D: A multidisciplinary quality management system for the early treatment of severely injured patients: implementation and results in two trauma centers. *Intensive Care Medicine* 2002, 28:1395-1404.
110. Helm M, Kulla M, Lampl L: Advanced Trauma Life Support®. *Anaesthesist* 2007, 56:1142-1146.
111. Kortbeek JB, Al Turki SA, Ali J, Antoine JA, Bouillon B, Brasel K, Brenneman F, Brink PR, Brohi K, Burris D, Burton RA, Chapleau W, Cioffi W, Collet e Silva, Francisco De Salles, Cooper A, Cortes JA, Eskesen V, Fildes J, Gautam S, Gruen RL, Gross R, Hansen KS, Henny W, Hollands MJ, Hunt RC, Jover Navalon JM, Kaufmann CR, Knudson P, Koestner A, Kosir R *et al.*: Advanced Trauma Life Support, 8th Edition, The Evidence for Change. *The Journal of Trauma: Injury, Infection, and Critical Care* 2008, 64:1638-1650.
112. Collicott PE: Advanced Trauma Life Support (Atls): Past, Present, Future-16Th Stone Lecture, American Trauma Society. *Journal of Trauma-Injury Infection & Critical Care* 1992, 33:749-753.

113. Bouillon B, Kanz KG, Lackner CK, Mutschler W, Sturm J: The relevance of Advanced Trauma Life Support® (ATLS®) in the emergency room The relevance of Advanc in the emergency room. *Unfallchirurg* 2004, 107:844-850.
114. Hußmann B, Waydhas, Lendemans S: Emergency trauma room management in severely and most severely injured patients. A multidisciplinary task. *Med Klin Intensivmed Notfmed* 2012:217-229.
115. Bouillon B, Kanz KG, Lackner CK, Mutschler W, Sturm J: Die Bedeutung des Advanced Trauma Life Support® (ATLS®) im Schockraum. *Unfallchirurg* 2004, 107:844-850.
116. Klinikum der Universität München: Luftrettungsstandorte in Bayern und im grenznahen Bereich mit Darstellung der 60 km-Einsatzbereiche [https://www.innenministerium.bayern.de/assets/stmi/sus/rettungswesen/id3_24_luftrettung_standorte_lr_strukturen_20131202.pdf].
117. *Verordnung zur Ausführung des Bayerischen Rettungsdienstgesetzes: AVBayRDG*; 2008.
118. Adair JG: The Hawthorne effect. A reconsideration of the methodological artifact. *Journal of Applied Psychology* 1984, 69:334-345.
119. Gennarelli TA, Wodzin E: AIS 2005: a contemporary injury scale. *Injury* 2006, 37:1083-1091.
120. Turner Osler, Susan P. Baker, William B. Long: A modification of the injury severity score that both improves accuracy and simplifies scoring. *The Journal of Trauma* 1997, 43:922–925, 925–926.
121. American Society of Anesthesiologists: New classification of physical status. *Anesthesiology* 1963, 24:111.
122. Deutsche Interdisziplinäre Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin e.V.: DIVI Notarzteinatzprotokoll v5 [http://www.divi.de/images/Dokumente/Empfehlungen/MIND/mind3/divi-5.0_final_1_73.pdf].
123. Burri C: *Die einfachen Kreislaufgrößen beim chirurgischen Patienten*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 1971.
124. Le Gall JR, Lemeshow S, Saulnier F: A new Simplified Acute Physiology Score (SAPS II) based on a European/North American multicenter study. *JAMA* 1993, 270:2957-2963.
125. Bone RC, Sibbald WJ, Sprung CL: The ACCP-SCCM consensus conference on sepsis and organ failure. *CHEST journal* 1992, 101:1481-1483.
126. Rolle M, Mayr A, Büttner M (Eds): *Medizinische Mikrobiologie, Infektions- und Seuchenlehre: 127 Tabellen*. Stuttgart. 8th edition: Enke; 2007.
127. Statistisches Bundesamt, Robert Koch-Institut: Mortalität [https://www.gbe-bund.de/gbe10/abrechnung.prc_abr_test_logon?p_uid=gast&p_aid=0&p_knoten=FID&p_sprache=D&p_suchstring=2252].
128. Boyd CR, Tolson MA, Copes WS: Evaluating trauma care: the TRISS method. Trauma Score and the Injury Severity Score. *J Trauma* 1987, 27:370-378.
129. Lefering R: Development and validation of the revised injury severity classification score for severely injured patients. *Eur J Trauma Emerg Surg* 2009, 35:437-447.

130. Bosch K: *Grundzüge der Statistik: Einführung mit Übungen*. 2nd edition. München, Wien: Oldenbourg; 1999.
131. Mann H, Whitney D: On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. *Annals of mathematical Statistics* 1947:50-60.
132. Bortz J: *Verteilungsfreie Methoden in der Biostatistik: Mit 247 Tabellen*. 3rd edition. [Berlin], Heidelberg: Springer; 2008 [*Springer-Lehrbuch*].
133. Rönz B, Strohe HG, Eckstein P: *Lexikon Statistik*. Wiesbaden: Gabler; 1994.
134. Kahn HA, Sempos CT: *Statistical methods in epidemiology*. New York: Oxford University Press; 1989 [*Monographs in epidemiology and biostatistics*, v. 12].
135. Parsch W, Loibl M, Schmucker U, Hilber F, Nerlich M, Ernstberger A: Trauma care inside and outside business hours: comparison of process quality and outcome indicators in a German level-1 trauma center. *Scandinavian journal of trauma, resuscitation and emergency medicine* 2014, 22:62.
136. Parsch W, Hilber F, Schmucker U, Baumann F, Nerlich M, Ernstberger A: Wenn andere schlafen - Leistungsfähigkeit der Patientenversorgung in der Nacht am Beispiel der Schwerverletztenversorgung. *Zentralblatt für Chirurgie* 2015.
137. Guly HR, Leighton G, Woodford M, Bouamra O, Lecky F: The effect of working hours on outcome from major trauma. *Emerg Med J* 2006, 23:276-280.
138. Laupland KB, Ball CG, Kirkpatrick AW: Hospital mortality among major trauma victims admitted on weekends and evenings: a cohort study. *J Trauma Manag Outcomes* 2009, 3:8.
139. Carr BG, Jenkins P, Branas CC, Wiebe DJ, Kim P, Schwab CW, Reilly PM: Does the trauma system protect against the weekend effect? *J Trauma* 2010, 69:1042-7; discussion 1047-8.
140. Søreide K: Temporal patterns of death after trauma: evaluation of circadian, diurnal, periodical and seasonal trends in 260 fatal injuries. *Scand J Surg* 2010, 99:235-239.
141. Egol KA, Tolisano AM, Spratt KF, Koval KJ: Mortality rates following trauma: The difference is night and day. *J Emerg Trauma Shock* 2011, 4:178-183.
142. Dybdal B, Svane C, Hesseløft R, Steinmetz J, Sørensen AM, Rasmussen LS: Is there a diurnal difference in mortality of severely injured trauma patients? *Emergency medicine journal: EMJ* 2013, 32:287-290.
143. Di Bartolomeo S, Marino M, Ventura C, Trombetti S, Palma R de: A population based study on the night-time effect in trauma care. *Emerg Med J* 2014, 31:808-812.
144. Lendrem BAD, Lendrem DW, Gray A, Isaacs JD: The Darwin Awards: sex differences in idiotic behaviour. *BMJ (Clinical research ed.)* 2014, 349:g7094.
145. Knauth P, Hornberger S: *Schichtarbeit und Nachtarbeit: Probleme - Formen - Empfehlungen*. 4th edition. München; 1997.
146. Huber-Wagner S, Biberthaler P, Häberle S, Wierer M, Dobritz M, Rummeny E, van Griensven M, Kanz K, Lefering R, Landoni G: Whole-Body CT in Haemodynamically Unstable Severely Injured Patients – A Retrospective, Multicentre Study. *PLoS ONE* 2013, 8:e68880.
147. Huber-Wagner S, Lefering R, Qvick L, Körner M, Kay MV, Pfeifer K, Reiser M, Mutschler W, Kanz K: Effect of whole-body CT during trauma resuscitation on survival: a retrospective, multicentre study. *Lancet* 2009, 373:1455-1461.

148. Krampe A: Fahren unter Alkoholeinfluss bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen- Ergebnisse aus der Zeitreihenstudie" Jugend in Brandenburg"/Driving under the influence of alcohol among youth and young adults: Results of the survey" Youth in Brandenburg. *Blutalkohol* 2005, 42.
149. Standke W: *Arbeitsunfallgeschehen*. München; 2013.
150. Kleber C, Lefering R, Kleber AJ, Buschmann CT, Bail HJ, Schaser KD, Haas NP: Rettungszeit und Überleben von Schwerverletzten in Deutschland. *Unfallchirurg* 2012 // 2013, 116:345-350.
151. Clarke JR, Trooskin SZ, Doshi PJ, Greenwald L, Mode CJ: Time to laparotomy for intra-abdominal bleeding from trauma does affect survival for delays up to 90 minutes. *J Trauma* 2002, 52:420-425.
152. Wyen H, Lefering R, Maegele M, Brockamp T, Wafaisade A, Wutzler S, Walcher F, Marzi I: The golden hour of shock - how time is running out: prehospital time intervals in Germany--a multivariate analysis of 15, 103 patients from the TraumaRegister DGU(R). *Emergency medicine journal: EMJ* 2013, 30:1048-1055.
153. Petri RW, Dyer A, Lumpkin J: The effect of prehospital transport time on the mortality from traumatic injury. *Prehospital and disaster medicine* 1995, 10:24-29.
154. Di Bartolomeo S, Valent F, Rosolen V, Sanson G, Nardi G, Cancellieri F, Barbone F: Are pre-hospital time and emergency department disposition time useful process indicators for trauma care in Italy? *Injury* 2007, 38:305-311.
155. Sampalis JS, Lavoie A, Salas M, Nikolis A, Williams JI: Determinants of on-scene time in injured patients treated by physicians at the site. *Prehospital and disaster medicine* 1994, 9:178-88; discussion 189.
156. Roudsari BS, Nathens AB, Cameron P, Civil I, Gruen RL, Koepsell TD, Lecky FE, Lefering RL, Liberman M, Mock CN, Oestern H, Schildhauer TA, Waydhas C, Rivara FP: International comparison of prehospital trauma care systems. *Injury* 2007, 38:993-1000.
157. Freund BJ, O'brien C, Young AJ: Alcohol ingestion and temperature regulation during cold exposure. *Journal of Wilderness Medicine* 1994, 5:88-98.
158. Beilman GJ, Blondet JJ, Nelson TR, Nathens AB, Moore FA, Rhee P, Puyana JC, Moore EE, Cohn SM: Early hypothermia in severely injured trauma patients is a significant risk factor for multiple organ dysfunction syndrome but not mortality. *Annals of surgery* 2009, 249:845-850.
159. Ireland S, Endacott R, Cameron P, Fitzgerald M, Paul E: The incidence and significance of accidental hypothermia in major trauma--a prospective observational study. *Resuscitation* 2011, 82:300-306.
160. Lundgren P, Henriksson O, Naredi P, Björnstig U: The effect of active warming in prehospital trauma care during road and air ambulance transportation - a clinical randomized trial. *Scandinavian journal of trauma, resuscitation and emergency medicine* 2011, 19:59.
161. Martin RS, Kilgo PD, Miller PR, Hoth JJ, Meredith JW, Chang MC: Injury-associated hypothermia: an analysis of the 2004 National Trauma Data Bank. *Shock (Augusta, Ga.)* 2005, 24:114-118.

162. Shafi S, Elliott AC, Gentilello L: Is hypothermia simply a marker of shock and injury severity or an independent risk factor for mortality in trauma patients? Analysis of a large national trauma registry. *The Journal of Trauma* 2005, 59:1081-1085.
163. Wang HE, Callaway CW, Peitzman AB, Tisherman SA: Admission hypothermia and outcome after major trauma. *Critical care medicine* 2005, 33:1296-1301.
164. Wafaisade A, Lefering R, Bouillon B, Sakka SG, Thamm OC, Paffrath T, Neugebauer E, Maegele M: Epidemiology and risk factors of sepsis after multiple trauma: an analysis of 29,829 patients from the Trauma Registry of the German Society for Trauma Surgery. *Critical care medicine* 2011, 39:621-628.
165. Wutzler S, Westhoff J, Lefering R, Laurer H, Wyen H, Marzi I: Zeitintervalle während und nach Schockraumversorgung. Eine Analyse anhand des Traumaregisters der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU). *Unfallchirurg* 2010, 113:36-43.
166. Bernhard M, Becker TK, Nowe T, Mohorovicic M, Sikinger M, Brenner T, Richter GM, Radeleff B, Meeder P, Büchler MW, Böttiger BW, Martin E, Gries A: Introduction of a treatment algorithm can improve the early management of emergency patients in the resuscitation room. *Resuscitation* 2007, 73:362-373.
167. Henderson KI, Coats TJ, Hassan TB, Brohi K: Audit of time to emergency trauma laparotomy. *The British journal of surgery* 2000, 87:472-476.
168. Mohammad A, Branicki F, Abu-Zidan FM: Educational and clinical impact of Advanced Trauma Life Support (ATLS) courses: a systematic review. *World J Surg* 2014, 38:322-329.
169. Schmidt RF, Thews G: *Physiologie des Menschen*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; Imprint: Springer; 1977.
170. Finkenstädt V, Niehaus F: *Rationierung und Versorgungsunterschiede in Gesundheitssystemen: Ein internationaler Überblick*. Köln: WIP, Wiss. Inst. der PKV; 2013.
171. TraumaRegister DGU: 20 years of trauma documentation in Germany - actual trends and developments. *Injury* 2014, 45 suppl 3:14-19.
172. Lefering R, Huber-Wagner S, Nienaber U, Maegele M, Bouillon B: Update of the trauma risk adjustment model of the TraumaRegister DGU™: the Revised Injury Severity Classification, version II. *Critical care (London, England)* 2014, 18:476.
173. Parsch W, Hilber F, Treffer D, Nerlich M, Ernstberger A: Eine Analyse der Prozess- und Ergebnisqualität der Schwerverletztenversorgung zwischen Tag und Nacht in einem überregionalen Traumazentrum von 420 prospektiv erfassten Patienten. In *Abstracts DIVI 2014 - E-Poster*:9.
174. Jauss M, Oertel W, Allendoerfer J, Misselwitz B, Hamer H: Bias in request for medical care and impact on outcome during office and non-office hours in stroke patients. *Eur J Neurol* 2009, 16:1165-1167.
175. Fang K, Churilov L, Weir L, Dong Q, Davis S, Yan B: Thrombolysis for Acute Ischemic Stroke: Do Patients Treated Out of Hours Have a Worse Outcome? // Thrombolysis for acute ischemic stroke: do patients treated out of hours have a worse outcome? *J Stroke Cerebrovasc Dis* 2013 // 2014, 23:427-432.

176. Streifler JY, Benderly M, Molshatzki N, Bornstein N, Tanne D: Off-hours admission for acute stroke is not associated with worse outcome--a nationwide Israeli stroke project. *Eur J Neurol* 2012, 19:643-647.
177. McKinney JS, Deng Y, Kasner SE, Kostis JB: Comprehensive stroke centers overcome the weekend versus weekday gap in stroke treatment and mortality. *Stroke* 2011, 42:2403-2409.
178. Kostis WJ, Demissie K, Marcella SW, Shao Y, Wilson AC, Moreyra AE: Weekend versus weekday admission and mortality from myocardial infarction. *N. Engl. J. Med.* 2007, 356:1099-1109.
179. Turin TC, Kita Y, Rumana N, Sugihara H, Morita Y, Tomioka N, Okayama A, Nakamura Y, Ueshima H: Incidence, admission and case-fatality of acute myocardial infarction: weekend versus weekday in a Japanese population: 16-year results from Takashima AMI Registry (1988-2003). *Eur. J. Epidemiol.* 2009, 24:93-100.
180. Kuijsten H, Brinkman S, Meynaar I, Spronk P, van der Spoel, JI, Bosman R, Keizer NF de, Abu-Hanna A, Lange DW de: Hospital mortality is associated with ICU admission time. *Intensive Care Med* 2010, 36:1765-1771.
181. Cavallazzi R, Marik PE, Hirani A, Pachinburavan M, Vasu TS, Leiby BE: Association between time of admission to the ICU and mortality: a systematic review and metaanalysis. *Chest* 2010, 138:68-75.
182. Sheu C, Tsai J, Hung J, Yang C, Hung H, Chong I, Huang M, Hwang J: Admission time and outcomes of patients in a medical intensive care unit. *Kaohsiung J Med Sci* 2007, 23:395-404.
183. Peeters B, Jansen, Nicolaas J G, Bollen CW, van Vught, Adrianus J, van der Heide, Douwe, Albers, Marcel J I J: Off-hours admission and mortality in two pediatric intensive care units without 24-h in-house senior staff attendance. *Intensive Care Med* 2010, 36:1923-1927.
184. Bell CM, Redelmeier DA: Mortality among patients admitted to hospitals on weekends as compared with weekdays. *N. Engl. J. Med.* 2001, 345:663-668.

8 Danksagung

Allen voran danke ich meinem Doktorvater, Professor Angele, für die freundliche Überlassung des hochspannenden Themas und die professionelle Unterstützung. Zudem danke ich ihm für die motivierenden Ermunterungen und die notwendigen Freiheiten während des gesamten Projektes.

Bei Professor Schreyer bedanke ich mich besonders für die freundliche Übernahme des Zweitgutachtens und die lehrreiche Zeit während des Praktischen Jahres in der Radiologie.

Weiter bedanke ich mich ganz herzlich bei Professor Nerlich für seinen kompetenten Rat und die moralische Unterstützung, besonders vor Vorträgen.

Mein ganz besonderer Dank gilt meinem direkt Ansprechpartner, Doktor Ernstberger, der zu jeder Tages- und Nachtzeit für mich erreichbar war und alle meine Ideen mit großer Energie unterstützte. Ohne ihn wäre die Arbeit in dieser Form nicht möglich gewesen.

Vielen Dank.

9 Lebenslauf

Name Wolfgang Parsch

Geburtsdatum 28.02.1989

Geburtsort Nürnberg

Schulbildung

09/1999 – 06/2008 Pirckheimer-Gymnasium Nürnberg, Abschluss: Abitur

10/2008 Zulassung zum Studium der Medizin

Freiwilliges soziales Jahr

08/2008 – 08/2009 ASB Nürnberg-Fürth Rettungsdienst

Studium der Medizin

10/2009 Beginn des Studiums an der Universität Regensburg

09/2011 Erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung

12/2015 Abschluss des klinischen Abschnittes des Medizinstudiums an der Universität Regensburg mit dem dritten Abschnitt der Ärztlichen Prüfung (Note 1,0)

Soziales Engagement

04/2005 – heute Ehrenamtlicher Mitarbeiter des ASB Rettungsdienstes

10/2011 – 10/2014 Semestersprecher der Medizinstudenten Regensburg

10/2014 – 01/2016 PJ-Sprecher der Medizinstudenten Regensburg

Auszeichnungen

03/2014 2. Platz des Posterpreises des Deutschen Interdisziplinären Notfallmedizin Kongresses mit Dominik Treffer, Wiesbaden 2014

07/2014 Nominiert für den Otto Goetze-Preis 2014 der Vereinigung der bayerischen Chirurgen

05/2015 Vorgeschlagen für ein Promotionsstipendium der Lieselotte und Dr. Karl Otto Winkler-Stiftung 2015

10/2015 Vortrag als „Highlight“ des Deutschen Jahreskongress für Orthopädie und Unfallchirurgie, Berlin 2015 mit gesonderter Vorstellung im Begleitheft

10/2015 Reisestipendium des Deutschen Jahreskongress für Orthopädie und Unfallchirurgie anlässlich des Tags der Studierenden, Berlin 2015

Publikationsliste Stand: 07.03.2016

Erstautorenschaften

Parsch W, Loibl M, Schmucker U, Hilber F, Nerlich M, Ernstberger A:
Trauma care inside and outside business hours: Comparison of process quality and outcome indicators in a German level-1 trauma center
Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine, 2014, 22:62

Parsch W, Hilber F, Schmucker U, Baumann F, Nerlich M, Ernstberger A
Wenn andere schlafen – Leistungsfähigkeit der Patientenversorgung in der Nacht am Beispiel der Schwerverletztenversorgung
Zentralblatt für Chirurgie, 2015, online first

Parsch W, Hilber F, Treffer D, Nerlich M, Ernstberger A
Schockraum – Leistungsfähigkeit in der Nacht
Deutscher Kongress für Orthopädie und Unfallchirurgie (DKOU 2015). Berlin, 20. – 23. Oktober 2015. Düsseldorf: German Medical Science GMS Publishing House; 2015; Abstract

Parsch W, Treffer D, Rath S, Nerlich M, Ernstberger A:
Night & Day – Haben wir eine gleichbleibende Qualität bei der Schwerverletztenversorgung?
Anästhesiologie und Intensivmedizin, 2014, 55:3; Abstract

Parsch W, Treffer D, Hilber F, Nerlich M, Ernstberger A:
Qualität im Schockraum: (K)eine Frage der Tageszeit
Deutscher Kongress für Orthopädie und Unfallchirurgie (DKOU 2014). Berlin, 28. – 31. Oktober 2014. German Medical Science GMS Publishing House; 2014; Abstract

Parsch W, Hilber F, Treffer D, Nerlich M, Ernstberger A
Schockraum – Leistungsfähigkeit in der Nacht
Deutscher Kongress für Orthopädie und Unfallchirurgie (DKOU 2015). Berlin, 20. – 23. Oktober 2015; Vortrag

Parsch W, Treffer D, Hilber F, Nerlich M, Ernstberger A:
Eine Analyse der Prozess- und Ergebnisqualität der Schwerverletztenversorgung zwischen Tag und Nacht in einem überregionalen Traumazentrum von 420 prospektiv erfassten Patienten
14. Kongress der Deutschen Interdisziplinären Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin, Hamburg, 3. – 5. Dezember 2014; Vortrag

Parsch W, Treffer D, Hilber F, Nerlich M, Ernstberger A:

Das Polytrauma: Thorax und Abdomen bei Tag und Nacht

91. Jahrestagung der Vereinigung der Bayerischen Chirurgen (VBC), Otto Goetze-
Preisträgersitzung, Bad Kissingen, 23. – 25. Juli 2014; Vortrag

Parsch W, Treffer D, Hilber F, Baumann F, Nerlich M, Ernstberger A:

Analyse der Prozess- und Ergebnisqualität der Schwerverletztenversorgung bei Tag und Nacht

10. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft interdisziplinäre Notfall- und Akutmedizin (DGINA), Köln, 3. – 5. September 2015; Poster

Parsch W, Treffer D, Hilber F, Nerlich M, Ernstberger A:

Qualität im Schockraum: (K)eine Frage der Tageszeit

Deutscher Kongress für Orthopädie und Unfallchirurgie 2014 (DKOU), Berlin, 28. – 31.
Oktober 2014; Poster

Parsch W, Treffer D, Rath S, Nerlich M, Ernstberger A:

Night & Day – Haben wir eine gleichbleibende Qualität bei der Schwerverletztenversorgung?

Deutscher Interdisziplinärer Notfallmedizin Kongress 2014, Wiesbaden, 20. – 21. März
2014; Poster

Co-Autorenschaften

Treffer D, Parsch W, Krutsch W, Weber S, Nerlich M, Ernstberger A:

Ist Geschwindigkeit wirklich alles? Analyse von Schockraumzeiten und Patienten-Outcome eines überregionalen TraumaZentrums

Anästhesiologie und Intensivmedizin 2014, 55:3

Treffer D, Parsch W, Krutsch W, Weber S, Nerlich M, Ernstberger A:

Wenn Totgegläubte überleben und Andere überraschend sterben - Gibt es Prädiktoren die ein unerwartetes Outcome vorhersehbar machen?

Anästhesiologie und Intensivmedizin 2014, 55:3

Treffer D, Weber S, Parsch W, Nerlich M, Ernstberger A:

Langer Schockraum, schlechtes Outcome?

Deutscher Kongress für Orthopädie und Unfallchirurgie (DKOU 2014). Berlin, 28.-31.10.2014. German Medical Science GMS Publishing House; 2014

Treffer D, Weber S, Parsch W, Nerlich M, Ernstberger A:

Langer Schockraum, schlechtes Outcome?

Deutscher Kongress für Orthopädie und Unfallchirurgie 2014 (DKOU), Berlin, 28. – 31. Oktober 2014; Vortrag

Treffer D, Parsch W, Hilber F, Nerlich M, Ernstberger A:

Wenn Prognosescores bei Traumapatienten irren - Gibt es Prädiktoren für ein unerwartetes Outcome

91. Jahrestagung der Vereinigung der Bayerischen Chirurgen (VBC), Bad Kissingen, 23. – 25. Juli 2014; Vortrag

Treffer D, Parsch W, Krutsch W, Weber S, Nerlich M, Ernstberger A:

Ist Geschwindigkeit wirklich alles? Analyse von Schockraumzeiten und Patienten-Outcome eines überregionalen TraumaZentrums

Deutscher Interdisziplinärer Notfallmedizin Kongress 2014, Wiesbaden, 20. – 21. März 2014; Poster

Treffer D, Parsch W, Krutsch W, Weber S, Nerlich M, Ernstberger A:

Wenn Totgegläubte überleben und Andere überraschend sterben - Gibt es Prädiktoren die ein unerwartetes Outcome vorhersehbar machen?

Deutscher Interdisziplinärer Notfallmedizin Kongress 2014, Wiesbaden, 20. – 21. März 2014; Poster